

THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES MATHÉMATIQUES

Liens statistiques entre éclairage public et risque d'accident

MORVAL, Mélissa

Award date:
2015

Awarding institution:
Université de Namur

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



UNIVERSITE DE NAMUR

Faculté des Sciences

Liens statistiques entre éclairage public et risque d'accident

Promoteur : Marcel Rémon

Co-promoteur : Éric Cornelis

**Mémoire présenté pour l'obtention
du grade académique de master en « sciences mathématiques à finalité didactique »**

Mélissa MORVAL

Juin 2015

Résumé

L'influence de l'éclairage public sur les accidents de la route est un sujet très controversé. En effet, on constate autant de morts la nuit sur les routes que le jour alors que le trafic est quatre fois moindre. Et si le manque d'éclairage y était aussi pour quelque chose ?

Nous avons obtenu des données, par le Service Public de Wallonie, concernant tous les accidents (sauf les accidents avec dégâts matériels uniquement) qui se sont produits en Wallonie du 1^{er} janvier 2000 au 31 décembre 2012. Après avoir nettoyé ces données, nous leur avons appliqué des tests statistiques. Nous avons vérifié les proportions des accidents éclairés et non éclairés et testé si la gravité moyenne ne diffère pas selon que l'accident se soit produit le jour ou la nuit ou selon que l'accident se soit produit de nuit avec ou sans éclairage. Pour finir, la balance économique coût/bénéfice de l'éclairage a été dressée.

Mots-clés : Éclairage, accident de la route, gravité, statistiques

Abstract

The influence of street lighting on road accidents is a highly controversial subject. Indeed, there is as much deaths on the roads in night as in day while the traffic is four times lower. Does the lack of lighting has something about this ?

We obtained data from the Wallonia Public Service, for all the accidents (excluding accidents which are only materials) that occurred in Wallonia from 1 January 2000 to 31 December 2012. After cleaning the data, we applied statistical tests to them. We checked the proportions of enlightened and unenlightened accidents and tested if the average severity did not differ depending on whether the accident occurred the day or the night or if the accident occurred at night with or without lighting. Finally, the economic balance cost / benefit of the lighting has been drawn.

Keywords : Lightening, road accident, severity, statistics

Remerciements

Je tiens à remercier certaines personnes qui ont contribué, d'une manière ou d'une autre, à l'élaboration de ce mémoire.

Tout d'abord, je remercie Éric Cornelis pour m'avoir aiguillée tout au long de ce travail, pour le temps qu'il m'a consacré et pour ses nombreuses améliorations et corrections orthographiques. Merci à Marcel Rémon pour ses conseils avisés.

Je tiens également à remercier Raoul Lorphèvre d'avoir proposé ce sujet de mémoire et de m'avoir fourni plusieurs pistes de départ ainsi que la société Schröder pour son accueil et pour m'avoir donné de nombreuses informations concernant l'éclairage.

Je remercie Didier Antoine de m'avoir permis d'obtenir les données nécessaires ainsi que toutes les personnes travaillant au SPW, en particulier Denis Cornet, qui ont pris le temps de répondre à mes questions.

Mes derniers remerciements iront à ma famille et à mes amis pour leurs relectures et encouragements.

Table des matières

1	Introduction	7
2	Revue de la littérature	9
3	Description et traitement des données	15
3.1	Informations disponibles	15
3.2	Données reçues	18
3.3	Nettoyage des données	19
3.4	Ajout et modification de variables	20
3.5	Analyse descriptive des données	31
4	Tests sur les proportions	33
4.1	Autoroutes	34
4.2	Rings	35
4.3	Nationales	36
5	Liens statistiques nuit-gravité	39
5.1	La méthode du resampling	39
5.2	Analyse de la variance (ANOVA)	40
6	Liens statistiques éclairage-gravité	45
6.1	Analyse de la variance	46
6.2	Classification par trafic journalier moyen	48
6.3	ANOVA par classe de trafic	57
6.4	ANOVA par classe de trafic et condition atmosph.	61
7	Analyse économique	73
7.1	Coûts des accidents	73
7.2	Coûts de l'éclairage	75
7.3	Balance économique	75

8 Conclusion	77
9 Glossaire	79
Annexes	81
A Formulaire d'analyse des accidents	83
B Description des données	87
C Code MATLAB pour le resampling	113
D Classification	115
Bibliographie et sitographie	121
Table des figures	124
Liste des tableaux	127

Chapitre 1

Introduction

La nuit, on constate autant de morts sur les routes que le jour. Pourtant, le trafic nocturne est quatre fois moindre que celui de jour [2]. Le manque de visibilité et la perception visuelle réduite du conducteur sont des facteurs qui peuvent expliquer ces chiffres. Et si le manque d'éclairage y était aussi pour quelque chose ?

Ce mémoire a pour but de mettre en évidence les liens statistiques, s'ils existent, entre l'absence d'éclairage public et l'accidentologie¹. En effet, certaines mesures d'économie consistent à diminuer ou couper totalement l'éclairage public, la nuit ou une partie de la nuit. Il serait cependant bon de vérifier si cette économie ne se fait pas au détriment de la sécurité des utilisateurs. Cette question revenant très souvent au premier plan, il semble pertinent de l'investiguer plus avant, grâce aux outils statistiques.

Le sujet de ce mémoire a été proposé par Raoul Lorphèvre qui travaille pour la société Schröder. Celle-ci est spécialisée, depuis 1906, dans la conception et dans la réalisation de solutions d'éclairage. Bien que le mémoire ait été proposé par une société d'éclairage, l'analyse des résultats est faite de façon totalement indépendante et neutre.

Ce travail sera organisé de la manière suivante. Dans un premier temps, nous ferons un état de l'art de la littérature déjà présente sur le sujet, aussi bien en Belgique qu'à l'étranger. Ensuite, nous analyserons les données reçues pour la Wallonie du point de vue de la forme et du fond. Une fois les données disponibles, il s'agit alors de les traiter. La première étape sera de

1. étude des accidents et des risques d'accidents

nettoyer ces données. Ensuite, certaines variables utiles pour l'analyse future devront être ajoutées. Par la suite, on regardera si la proportion d'accidents avec et sans éclairage est bien celle que l'on devrait observer théoriquement (c'est-à-dire dans l'hypothèse où l'éclairage n'influence pas le risque d'accident). Nous regarderons également si le fait que l'accident se produise la nuit (ou avec la présence d'éclairage) peut avoir un impact sur la gravité de l'accident, et si les accidents se produisant sur un lieu éclairé sont moins graves que ceux se produisant sur un lieu non éclairé dans des conditions similaires (routes et conditions atmosphériques). Dans la deuxième partie du mémoire, nous développerons une analyse économique en comparant les coûts de l'éclairage (pour l'installation, la maintenance, la consommation d'énergie,...) aux coûts impliqués par les accidents (coûts des dégâts matériels, coût d'un blessé (selon le degré de blessure), coût d'un mort,...). Nous concluons en établissant une balance coût/bénéfice de l'éclairage public.

Chapitre 2

Revue de la littérature

La littérature regorge d'articles sur les liens entre éclairage public et sécurité routière. Les références consultées s'étalent de 1935 à 2013 et concernent différents pays (Belgique, France, États-Unis, Norvège et Nouvelle-Zélande). On peut diviser cette littérature en deux catégories : les articles qui trouvent que l'éclairage a un effet positif sur le risque d'accident et les autres qui, au contraire, trouvent qu'il a un effet négatif sur celui-ci.

Abordons tout d'abord les articles qui émettent des points négatifs envers le maintien et/ou l'installation d'éclairage. Dans [4], par exemple, l'auteur évoque le fait que la mise en place d'éclairage, impliquant l'installation de poteaux, provoque une augmentation de 5% à 8% du nombre d'accidents en journée. Cet argument paraît plausible étant donné que le nombre d'obstacles que l'on peut rencontrer, en cas de perte du contrôle du véhicule, est plus grand lorsqu'il y a présence d'éclairage. Dans [13], les auteurs font l'hypothèse que l'éclairage provoque un faux sentiment de sécurité, ce qui entraîne une augmentation de la vitesse de conduite et donc une augmentation du nombre d'accidents. Dans [21], les auteurs nuancent ces propos en disant que c'est plutôt le sur-éclairage qui provoque ce faux sentiment. L'étude [13] est d'ailleurs contestable. En effet, elle compare différentes routes et remarque qu'il y a parfois plus d'accidents sur une route éclairée que sur une route non éclairée mais, sans pour autant comparer la densité de trafic, l'état de la route,... Le communiqué [31] va au-delà de la sécurité routière en évoquant les troubles causés par l'éclairage à l'encontre de la population (intimité, sommeil, observations astronomiques plus difficiles) et à l'encontre des êtres vivants (cycle jour/nuit bouleversé par le halo émis vers le ciel). C'est pour ces différentes raisons que la commune d'Amel (Belgique) a éteint

son éclairage public entre minuit et six heures [21]. C’est également l’avis d’Anne-Marie Ducroux dans l’article [40] qui aimerait diminuer l’intensité lumineuse¹ émise par les villes, ce qui a été fait dans la ville de Ballancourt (France) entre minuit et cinq heures. Une extinction de l’éclairage, entre une heure et quatre heures, a également été mise en place dans la commune de Vauhallan (France), dans ce même but, pendant une période d’essai de six mois [40]. Après cette période, la commune a décidé d’éteindre l’éclairage entre une et cinq heures trente.

Passons maintenant aux aspects positifs de l’éclairage public. L’auteur de l’article [16] cite une étude datant de 1935 dans laquelle on mentionne déjà l’importance de l’éclairage public : « L’éclairage des voies de grandes communications est une nécessité ». En contradiction avec les points négatifs précédents, les articles [2] et [20] ne notent pas d’augmentations significatives de vitesses en fonction de l’éclairage. L’AFE² montre, grâce à des tests effectués sur simulateurs, que l’éclairage ne peut apporter que des points positifs [2]. Pour n’en citer que quelques-uns : la distance de visibilité des conducteurs est accrue ce qui permet plus d’anticipation, l’évaluation des distances est plus proche de la réalité que sans éclairage, les réflexes sont plus rapides, les phares des autres voitures éblouissent moins puisque l’éclairage entraîne moins de contrastes... L’éclairage permet de mieux s’orienter, d’identifier plus facilement les zones dangereuses et les obstacles éventuels sur la trajectoire de l’automobiliste [21]. Il assure également un meilleur guidage optique en particulier pour les personnes âgées [2].

La majorité des articles compare l’évolution des accidents lorsque l’on installe, coupe ou diminue l’éclairage. Dans [7], on observe une diminution de 30% du ratio nuit/jour³ suite à la mise en place d’un éclairage. Dans [20], on note une diminution de 28% du nombre total d’accidents, une diminution de 68% des accidents impliquant des piétons et une diminution de 45% des accidents avec blessés. On note par contre plus d’accidents avec des dégâts matériels graves. Dans [6], on cite une première étude faite en Norvège qui montre que la mise en place d’éclairage a impliqué une diminution de 65% des accidents mortels et une diminution de 30% des accidents avec blessés. La deuxième étude citée dans [6] est, cette fois-ci, réalisée par la VUB. Elle montre un taux d’accidents mortels 60% plus faible, une diminution de 30%

1. Les définitions générales concernant l’éclairage sont explicitées dans le *chapitre 9*.

2. Tous les acronymes et abréviations sont explicitées dans le *chapitre 9*.

3. Les définitions générales concernant les données sont explicitées dans le *chapitre 9*.

des accidents sur autoroutes et une diminution du nombre d'accidents sur les routes principales variant entre 26 et 65%. En 1968, le Ministère des Travaux Publics décrète que 1476 km de routes nationales nécessitent d'être éclairées. Dans [16], on constate qu'après avoir effectué 50% des travaux voulus, on observe déjà une diminution du nombre d'accidents d'environ 30%, celle-ci étant plus grande pour les accidents avec blessés et encore plus grande si l'on ne considère que les accidents mortels. Dans [4], on cite deux articles, l'un [24] constatant qu'il y a 25% moins d'accidents aux intersections éclairées et l'autre [29] constatant que ceux-ci sont 39% moins fréquents. Les auteurs nuancent les chiffres de la CIE et disent que le ratio nuit/jour diminue de maximum 13% en cas d'installation d'éclairage. Des recherches en Nouvelle-Zélande [3] ont permis d'établir une diminution de 33% du nombre total d'accidents et de 38% dans le cas de collisions impliquant plusieurs véhicules suite à l'installation d'éclairage. Une réduction des accidents de 41% a été observée lorsque l'on installe l'éclairage aux intersections. Dans [11], on compare des sections où l'éclairage est éteint ou diminué avec d'autres où celui-ci reste allumé. On observe que, dans les deux cas (extinction ou diminution), cela a un effet négatif sur le nombre d'accidents puisque celui-ci a augmenté suite à ces deux mesures (diminution ou extinction de l'éclairage). Cet article a même chiffré ce que ce changement a provoqué. Dans le cas de l'extinction de l'éclairage, en plus des accidents initiaux, cela a coûté la vie à 5 personnes, a entraîné 38 blessés graves et 8 accidents supplémentaires. Dans le cas de la réduction de l'éclairage, ce sont 3 morts, 97 blessés graves et 70 accidents qui se sont ajoutés. Cet article émet cependant une réserve. En procédant à des vérifications statistiques à l'aide de $\text{test-}\chi^2$, on remarque que les chiffres en lien avec les accidents mortels et ceux en lien avec les accidents en général, dans le cas d'une extinction, ne sont pas significatifs. Il faut cependant garder à l'esprit que lorsqu'on installe l'éclairage public, il arrive que l'on modifie d'autres paramètres tels que la mise en place de plus de panneaux de signalisation, de marques au sol supplémentaires, de ronds-points,...

D'un point de vue écologique, un premier bon point pour l'éclairage public est qu'il émet peu de CO_2 [2]. D'autre part, la consommation d'énergie qu'il engendre représente peu dans la balance énergétique de l'État. En effet, à l'époque de l'article [16], éclairer les 1 350 kilomètres de routes et 1 100 kilomètres d'autoroutes ne représentait que 0,07% de la consommation énergétique totale de l'État belge.

D'un point de vue économique, l'éclairage coûte très peu dans le bud-

get annuel de l'État belge ([16], [18]) mais peut parfois coûter cher aux communes. Citons [21] : « L'éclairage public pèse lourd dans la facture électrique, en particulier depuis la libéralisation du marché de l'électricité qui a mis fin au tarif préférentiel octroyé pour cet usage et a mis en avant le coût de ce service public supporté par les communes au bénéfice de la collectivité. » Il est cependant possible de réaliser d'énormes économies avec une bonne gestion de l'éclairage, notamment par le dimming (voir *chapitre 9*), et l'utilisation des nouvelles technologies disponibles en matière d'éclairage notamment les technologies LED. Citons encore [21], « le remplacement des sources énergivores par des technologies plus économes permettrait d'alléger facilement la facture d'éclairage public à charge des communes, pour autant, bien sûr, que le mode de facturation de l'énergie tienne compte des améliorations réalisées. ». Ce point est repris dans de nombreux articles ([21], [2], [5] et [18]). D'autres économies peuvent également se faire en évaluant le taux de perte d'un luminaire, noté ULOR. En réalité, le conducteur ne perçoit pas la lumière émise directement par le luminaire mais celle-ci est réfléchiée par la route pour être ensuite perçue par l'œil humain. Une partie de la lumière émise par le luminaire n'est pas perçue par le conducteur, comme par exemple celle émise vers le ciel. On peut donc effectuer des économies en tentant de diminuer ce taux de perte au maximum.

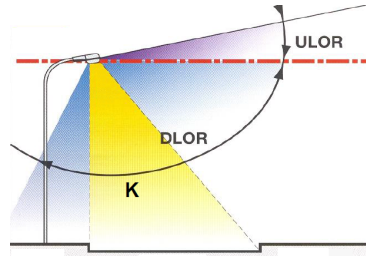


FIGURE 2.1 – Représentation de la lumière émise par un luminaire [27]

D'autre part, on pourrait se poser la question de savoir si il n'y a pas obligation d'éclairer les routes pour la sécurité des automobilistes. D'un point de vue juridique, on peut citer, dans l'article [21], Alexandre Ponchaut : « Il n'y a aucune disposition légale particulière qui oblige la commune à maintenir un certain éclairage public sur les voiries. Toutefois, la commune a une obligation de sécurité sur toutes les voiries traversant son territoire (excepté les autoroutes). Elle est donc tenue d'obvier à tout danger caché ou apparent sur celles-ci. » et remarquer que le tribunal de première instance de Namur, la Cour d'appel de Bruxelles et celle de Mons ont également pris des

décisions allant dans ce sens. Un récent article [35] a même rendu compte d'une affaire dans laquelle le manque d'éclairage est considéré comme la cause (et non pas une circonstance ayant entraîné) d'un accident.

Si l'on sort du point de vue du conducteur et que l'on se place dans la peau d'un piéton ou d'un riverain, on peut considérer que l'éclairage est rassurant et plus sécurisant ([21] et [40]). Il permet également de créer une ambiance ([21] et [5]), comme cela a été fait dans la ville de Mons par exemple, à l'aide d'un « Plan lumières ».

On constate donc qu'il existe de nombreux avis sur l'éclairage public et que ceux-ci ne s'accordent pas toujours. Parmi tous ces points (positifs ou négatifs), il faudra donc examiner lesquels se vérifient sur nos données et lesquels ne semblent pas concorder.

Chapitre 3

Description et traitement des données

Dans un premier temps, nous allons décrire d'où proviennent les données et comment elles sont collectées. Nous expliciterons ensuite les données réellement reçues et le nettoyage qui a dû leur être appliqué afin de les rendre utilisables dans le cadre du mémoire. Nous ajouterons également certaines variables qui nous semblent pertinentes pour l'analyse. Nous terminerons ce chapitre par une brève description des variables les plus utilisées par la suite.

3.1 Informations disponibles

Les données que nous allons utiliser proviennent du compte rendu des formulaires d'analyse des accidents de la circulation avec tués ou blessés (voir *Annexe A*). Ceux-ci sont remplis par la police qui se rend sur le lieu de l'accident. Ces formulaires sont centralisés dans une base de donnée qui est ensuite transmise à la DGSIE. Celle-ci y ajoutera les décédés 30 jours (voir *chapitre 9*). La base de données de ces accidents est uniquement composée des accidents corporels, c'est-à-dire ceux ayant entraîné des blessures ou des morts. Les accidents ayant causé uniquement des dégâts matériels ne sont dès lors pas comptabilisés. De plus, seuls les accidents qui se sont produits sur la voie publique sont pris en compte.

Les principales informations concernant l'accident présentes dans le formulaire sont les suivantes :

- le lieu (ville, province)
- le moment (jour, mois, année, heure)

- si l'accident se produit hors ou en agglomération
- si l'accident s'est produit dans ou hors carrefour¹
- si l'accident s'est produit hors (dans un) carrefour, les informations sur la (les) route(s) où l'accident s'est produit
 - le type de route (autoroute, route numérotée, route non numérotée)
 - la vitesse maximale autorisée sur cette route
 - le genre de route (route à une seule chaussée, route à chaussées séparées par une berme ou une barrière)
 - la borne kilométrique si c'est une route numérotée
- les circonstances atmosphériques (normales, particulières (pluie, brouillard, vent violent, rafales, chutes de neige, grêle, autre (fumée épaisse par exemple)), inconnues)
- le nombre de tués, de blessés graves et de blessés légers
- si un des conducteurs impliqués dans l'accident était sous influence d'alcool
- si les informations concernant l'accident ont été modifiées (notamment par exemple pour ajouter un décédé 30 jours)
- si l'accident s'est produit dans un carrefour, comment la circulation est régulée dans celui-ci (agents, signaux tricolores (en fonctionnement, clignotant orange, en panne), signaux B1 (céder le passage) ou B5 (marquer l'arrêt et céder le passage), priorité de droite)
- le type de lumière présente (jour, aube/crépuscule, nuit (sans ou avec éclairage public), inconnu)
- l'état de la chaussée (sec, humide, mouillé ou flaques, verglas ou neige, propre, sale (sable, gravier, feuilles,...), inconnu)
- les caractéristiques locales de l'accident (chantier/travaux ayant une incidence sur la chaussée, pont, viaduc, tunnel, passage à niveau (voie ferrée), rond-point, aucune)
- les causes de l'accident (l'accident fait suite à un autre accident, aquaplaning, éblouissement par le soleil, proximité d'une école/d'un centre récréatif/d'un arrêt de transports en commun (si en cause), automobiliste(s) ou passager(s) éjectés du véhicule, conducteurs ou passagers ne portant pas la ceinture, cyclo ou motard ne portant pas de casque, petit enfant non installé dans un siège enfant, le chargement d'un conduc-

1. « Par "carrefour" il faut entendre :

- lieu de rencontre de deux ou plusieurs voies publiques (cf. code de la route)
- lieu de rencontre d'une voie publique et d'une voie accessible au public (desservant un grand magasin, une usine, etc...) lorsque ce lieu ressemble véritablement à un carrefour. » (voir *Annexe A*)

- teur est tombé sur la chaussée (avant ou du fait de la collision), un véhicule ayant pris feu après la collision) ainsi que des commentaires éventuels
- les facteurs de l'accident du point de vue de la route et des conditions de circulation (mauvais état de la route (ornières, verglas, boue, inondation,...), signalisation défectueuse, éclairage défectueux ou insuffisant, travaux, encombrement de la circulation, file, accident, forte descente (au moins 7%), virage serré, entrave à la visibilité (relief, obstacle fixe, véhicule immobile,...))
 - le type de police intervenue (police ou gendarmerie)

Cette dernière information ne nous sera pas utile car depuis la réforme des polices en 1998, cela n'a plus de sens de parler de police ou de gendarmerie. D'autres informations sont également présentes dans la base de données mais ne m'ont pas été fournies car celles-ci ne seront pas utiles pour l'analyse (par exemple le type de collision ou la présence de produits dangereux) ou par souci de confidentialité (par exemple l'identité et le sexe des personnes impliquées).

L'IBSR, qui utilise la même base de données, prend des précautions quant à la qualité des données [22] en évoquant notamment le problème du sous-enregistrement : « En Belgique, comme dans tous les pays disposant de statistiques d'accidents de la circulation, une partie des accidents corporels n'est pas enregistrée par les services de police ; c'est ce que l'on appelle "le sous-enregistrement des accidents corporels". ». D'autre part, la DGSIE a trouvé un système pour pondérer la base de données lorsque celle-ci a « constaté une diminution anormalement élevée du nombre d'accidents pour certaines zones de police. Cette diminution n'était pas due à une réelle baisse des accidents corporels mais à un sous-enregistrement faisant suite à la réforme des polices. Pour compenser ce sous-enregistrement, la DGSIE a exploité une deuxième source d'informations sur les accidents corporels, à savoir les registres de procès verbaux des services de police. Ces registres contiennent tous les procès-verbaux établis dans les zones de police. La DGSIE a donc comparé, pour les zones de police enregistrant une diminution anormalement élevée de formulaires d'analyse des accidents de la circulation, le nombre de PV rédigés pour accidents corporels avec le nombre de formulaires d'analyse des accidents de la circulation. Sur la base de la différence entre les deux nombres, un coefficient de pondération (facteur multiplicatif) a été calculé pour chacune de ces zones de police. (...) Cependant, la pondération n'est

pas utilisée pour les accidents mortels ni pour les accidents enregistrés par la police fédérale » [22].

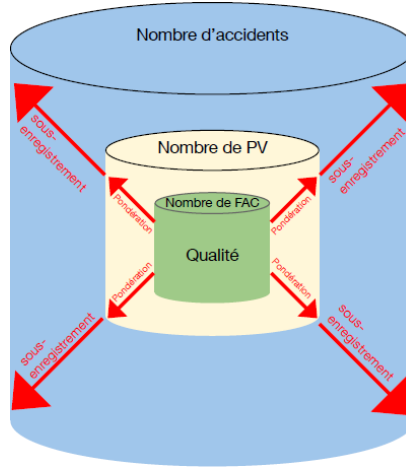


FIGURE 3.1 – Sous-enregistrement des accidents [22]

3.2 Données reçues

Les données reçues proviennent du SPW DGO1 et un accord de confidentialité pour l'obtention de celles-ci a dû être signé avec la police. Elles concernent tous les accidents (sauf les accidents uniquement matériels) qui se sont produits en Wallonie du 1^{er} janvier 2000 au 31 décembre 2012. La base de données se présente sous un format .txt d'environ 20 Mo et comporte 159 031 accidents. Pour chacun des accidents, au maximum 41 valeurs de variables sont données. Un exemple fictif est donné dans la table 3.1.

num	jour	moment		heure	province	nom	agglo	carrefour	genre1	nom		bk1	im1	vmax1	...	
133058	SA	1/01/2000 00 : 00 : 00		5	9	NAMUR	1	1	1	RU GODEFROID			35	50		
...																
genre2		nom		bk2	im2	vmax2	atm	ttue	tgraves	tleger	alcool	modifie	regul1	regul2	lum	...
1		RU CROISIERS			41	30	2	0	0	2	0	0	4		3	
etatch1	etatch2	carloc1	carloc2	cause1	cause2	cause3	cause4	facrou1	facrou2	type	codunit	num_autor	type			
2		9		2	14			1	3	P	4210920	607	3			
...																

TABLE 3.1 – Exemple de la façon dont un accident est encodé

Cet accident s'est donc produit le samedi 1^{er} janvier 2000 à 5 heures en province de Namur, et plus particulièrement à Namur même. L'accident

s'est produit en agglomération et dans un carrefour. Les deux routes formant ce carrefour sont des routes à une seule chaussée. L'accident s'est produit entre l'immeuble numéro 35 de la rue Godefroid (où la vitesse est limitée à 50 km/h) et l'immeuble numéro 41 de la rue des Croisiers (où la vitesse est limitée à 30 km/h). Au moment de l'accident, il pleuvait. Cet accident a engendré deux blessés légers. Aucun des conducteurs n'étaient sous influence d'alcool. Les informations sur cet accident n'ont pas été modifiées. Au moment de l'accident, la circulation dans le carrefour était régulée par des signaux B1 (céder le passage) ou B5 (marquer l'arrêt et céder le passage). L'accident s'est produit de nuit avec éclairage public allumé. La chaussée était humide, mouillée ou avec des flaques. Aucune caractéristique locale particulière de l'accident n'est pointée. Au niveau des causes de l'accident, on mentionne de l'aquaplaning ainsi que des commentaires manuscrits supplémentaires. Au niveau des facteurs de l'accident du point de vue de la route et des conditions de circulation, le policier signale un mauvais état de la route (ornières, verglas, boue, inondation,...) et un éclairage défectueux ou insuffisant. Diverses informations sur le policier intervenu sont mentionnées. Pour terminer, on signale que l'accident s'est produit sur une route non numérotée.

3.3 Nettoyage des données

Les données étant basées sur des informations manuscrites qui sont ensuite encodées, certaines erreurs d'encodage ou incohérences peuvent se produire. Plusieurs d'entre elles peuvent être observées dans nos données. Les accidents présentant des erreurs d'encodage n'ont pas été utilisés lorsque l'on considère la variable où l'erreur est présente. Par exemple, un accident de la base de données possède comme valeur de la variable *vmax* la valeur 300. Celle-ci représente la vitesse maximale autorisée sur la route où l'accident a eu lieu. Cela n'étant pas possible, nous avons exclu cet accident lorsque l'on considère la variable *vmax*. D'autre part, certaines informations ne sont pas toujours disponibles. Dans ce cas, la case est vide ou la valeur de la variable vaut 99, 9 ou parfois 0. Par exemple, *heure*= 99 signifie que l'heure de l'accident est inconnue.

Il faut prendre également quelques précautions quant à la précision et/ou l'objectivité de certaines variables. Par exemple, l'heure est arrondie vers le bas donc si l'accident s'est produit à 18h59, pour cet accident, *heure*=18. Cela nous a posé quelques problèmes par rapport à la variable *lum*. En effet, celle-ci nous dit, entre autres, si le policier considère que l'accident s'est

produit le jour ou la nuit. Nous avons remarqué que cette observation ne collait pas toujours avec l’heure de l’accident. Une analyse plus poussée sur ce problème sera faite dans la sous-section suivante. Un autre exemple est la variable *cause* qui est relativement subjective et donc peu fiable.

D’autre part, la plupart des valeurs des variables sont encodées de manière numérique plutôt que sous forme alphanumérique. Par exemple, *province*=9 signifie que l’accident s’est produit dans la province de Namur. Nous avons décidé de créer, pour chacune des variables numériques qui traduit un caractère catégorique, une variable alphanumérique correspondante *variable_txt* afin de rendre les graphiques plus compréhensibles.

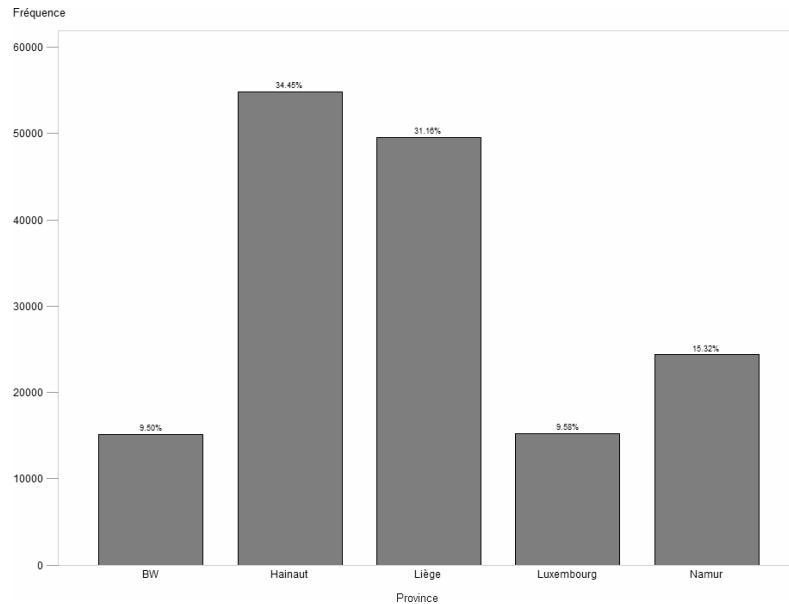


FIGURE 3.2 – Répartition des accidents en fonction de la variable *province_txt*

3.4 Ajout et modification de variables

Nom

Comme on peut le voir dans l’exemple de la table 3.1, le mot « *nom* » est utilisé pour décrire trois informations différentes : le lieu où l’accident s’est produit, le nom de la rue dans laquelle l’accident s’est produit et, si l’accident

s'est produit à un carrefour, le nom de la deuxième rue. Nous avons donc appelé ces trois variables respectivement *lieu*, *nom1* et *nom2*.

Type

Le même procédé a été appliqué pour la variable *type* utilisée pour décrire deux informations différentes : le type de police (gendarmerie ou police) et le type de route (autoroute, route numérotée ou route numérotée). Nous avons donc appelé ces deux variables respectivement *type_police* et *type_route*.

Moment

Dans les données de départ, la date était de la forme jour/mois/année. Nous avons décidé de séparer celle-ci en trois variables jour, mois et année pour, par exemple, pouvoir regarder si toutes les années sont représentées de la même manière. On observe sur la figure 3.4 que ce n'est pas le cas puisque par exemple 2010 représente 8,39% des accidents alors que 2012 ne représente que 6,88%.

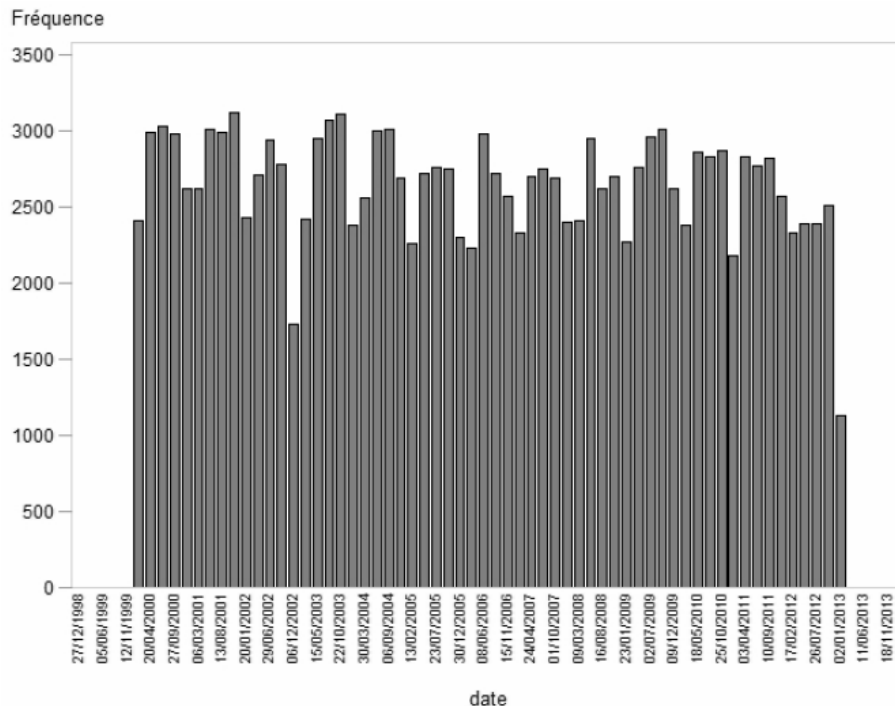
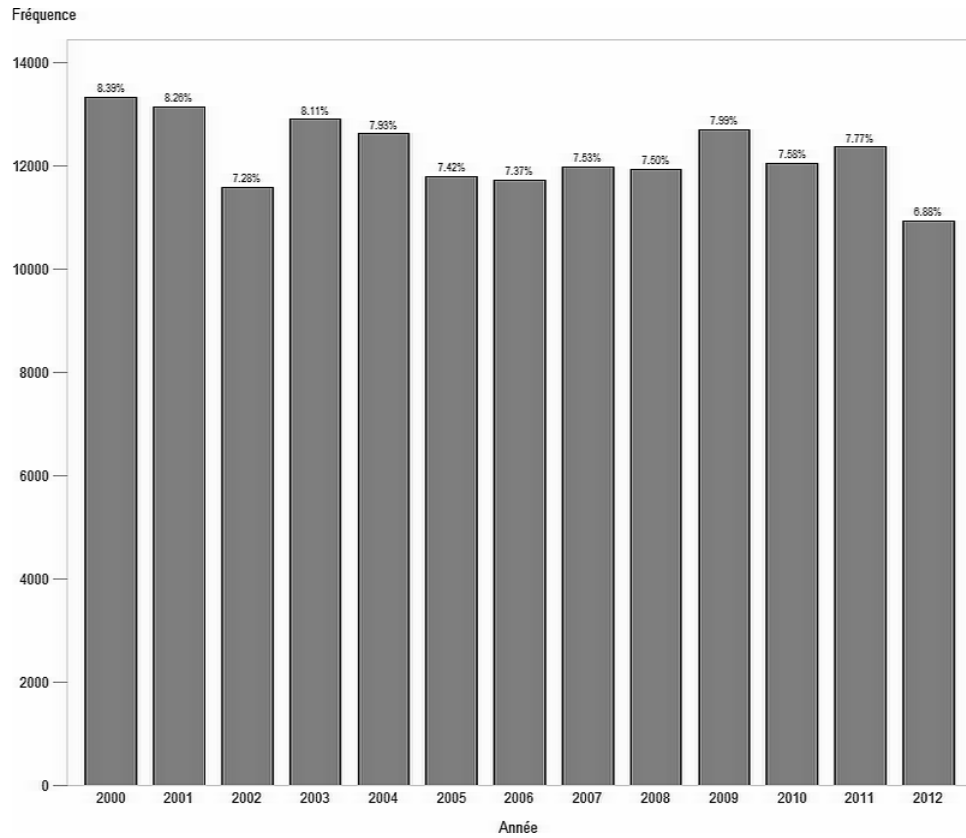


FIGURE 3.3 – Répartition des accidents en fonction de la variable *moment*

FIGURE 3.4 – Répartition des accidents en fonction de la variable *année*

Pour ne pas confondre avec la variable initiale *jour* donnant le jour de la semaine, nous avons renommé celle-ci *day*.

Conditions atmosphériques

Cette variable est, au départ, composée d'un ou deux chiffres. Par exemple, pour signifier qu'un accident s'est produit dans des circonstances atmosphériques de pluie et de brouillard, la variable *atm* vaut 23. Puisque nous voulions que cet accident soit compté comme un accident avec pluie et comme un accident avec brouillard, nous avons séparé cette variable en deux variables *atm1* et *atm2*.

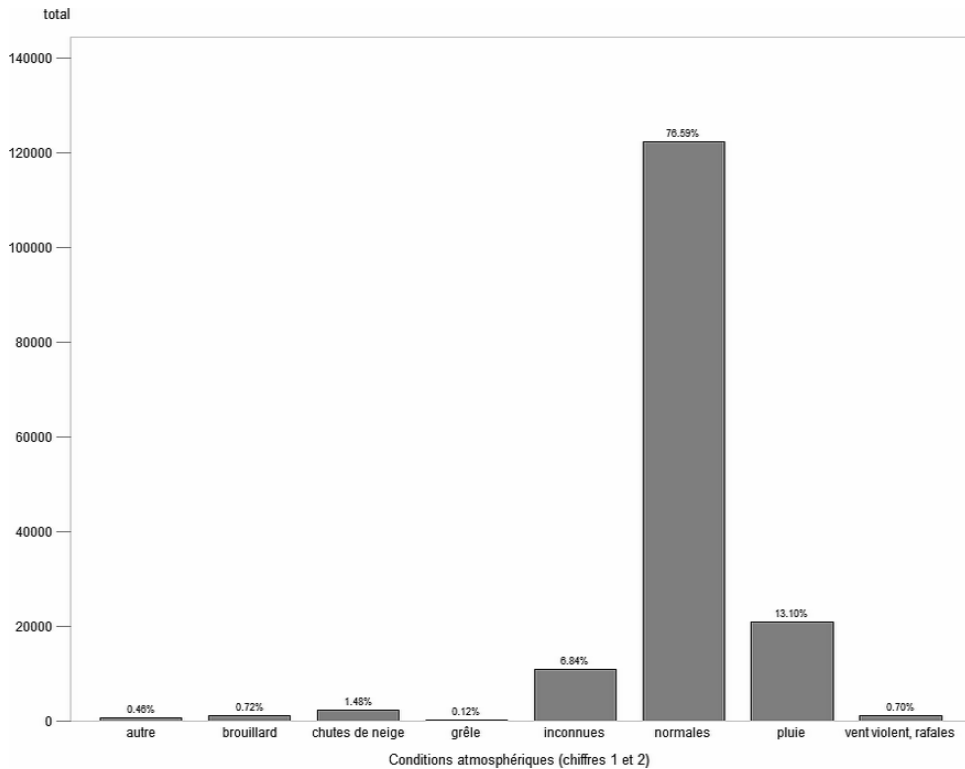


FIGURE 3.5 – Répartition des accidents en fonction des variables *atm1* et *atm2*

Noms des routes

Hormis pour les routes non numérotées, le nom de la route où s'est produit l'accident est codé avec une structure assez particulière. Celui-ci est composé de huit caractères : le premier est une lettre ('A' pour les autoroutes, 'B' pour bretelles, 'N' pour les nationales, 'R' pour les rings, 'P' pour les routes provinciales et 'T' pour les routes touristiques (voir la liste sur [46]) suivi de trois chiffres suivis de '000'. Par exemple, 'N826000' signifie N826, 'N090000' signifie N90 tandis que 'N004000' signifie N4.

Au niveau des autoroutes, les autoroutes allant de A1 à A12 sont appelées autoroutes radiales et partent du ring de Bruxelles pour aller vers d'autres grandes villes. Elles sont numérotées dans le sens horlogique. Les autoroutes à deux chiffres (supérieur à douze) sont appelées autoroutes secondaires.

Les autoroutes à trois chiffres sont appelées autoroutes locales et leur premier chiffre correspond à la province dans laquelle elles se situent (2 pour le Brabant-Wallon, 5 pour le Hainaut, 6 pour Liège, 8 pour le Luxembourg et 9 pour Namur) [42].

Au niveau des rings, les rings officiels sont ceux à un chiffre. Les rings secondaires sont ceux à deux chiffres dont le premier indique la province où ils se situent [43].



FIGURE 3.6 – Carte des autoroutes et rings de Belgique [43]

Au niveau des nationales, le premier réseau est composé des routes nationales à un chiffre partant de Bruxelles et qui sont numérotées dans le sens horlogique. Le deuxième réseau est composé des routes nationales à deux chiffres dont le deuxième est zéro. Celui-ci reprend les nationales reliant les grandes villes belges (sauf Bruxelles). Les autres nationales ont comme premier chiffre le numéro de la province dans laquelle elles se situent [44].

Pour plus de lisibilité, nous avons donc modifié le nom afin d'en extraire la première lettre qui donne le genre de route, et le nombre de caractères suivants cette lettre afin de déterminer si c'est une route principale ou secondaire. La liste complète ainsi que la numérotation du réseau routier est disponible sur [39].

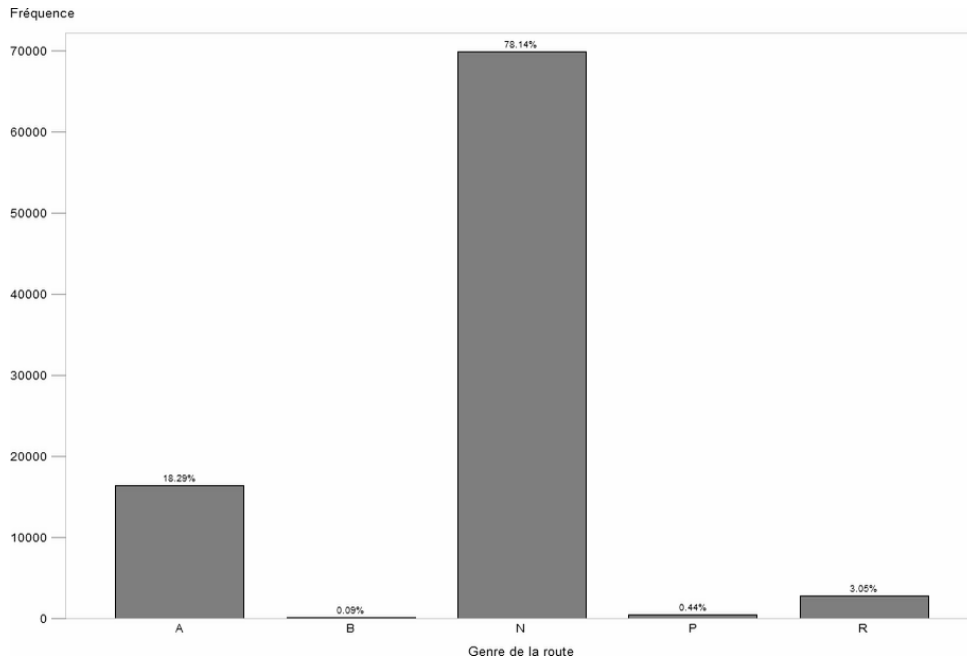


FIGURE 3.7 – Répartition des accidents en fonction de la variable *genre_route*

Gravité

Cette variable a été ajoutée et on lui a donné comme valeur 3 si l'accident est mortel, 2 si l'accident a provoqué au moins un blessé grave mais pas de morts et 1 si l'accident n'a provoqué que des blessés légers.

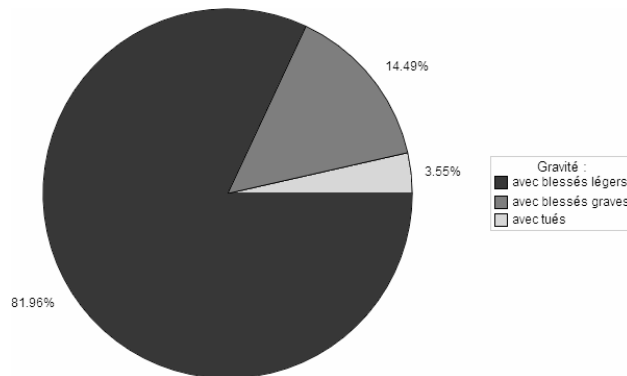


FIGURE 3.8 – Répartition des accidents en fonction de la variable *gravité*

Week-end

Nous avons défini cette variable en utilisant la définition de l'IBSR (voir *chapitre 9*).

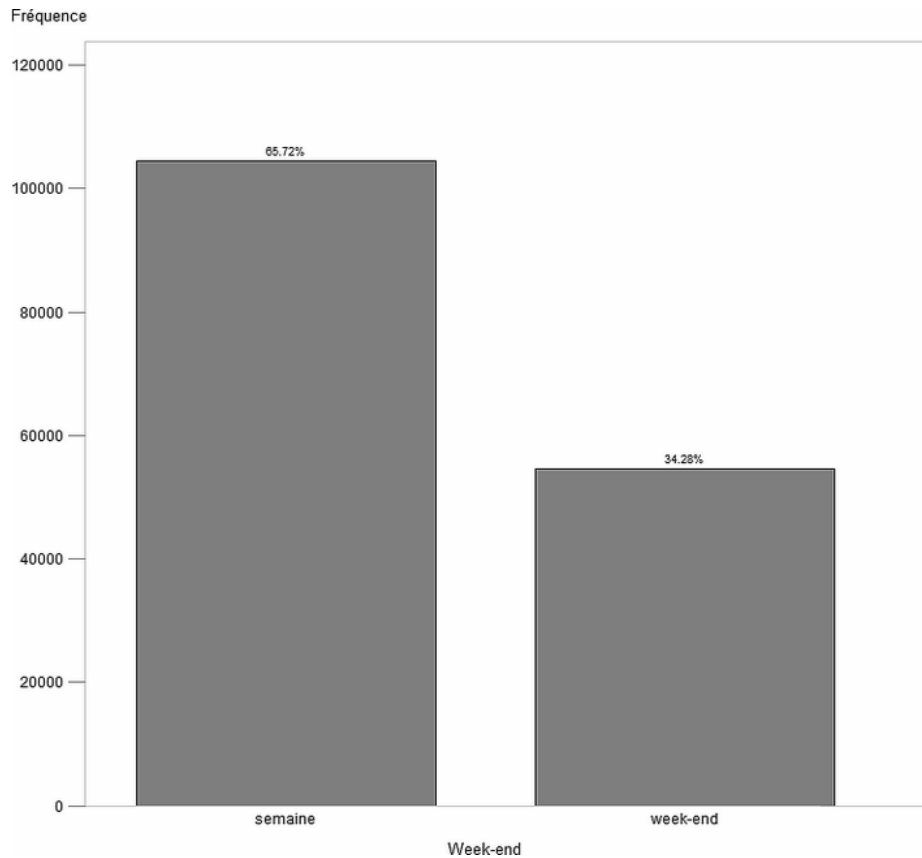


FIGURE 3.9 – Répartition des accidents en fonction de la variable *week-end*

Nuit

Nous avons ajouté deux variables : *nuit1* et *nuit2* dont les définitions sont différentes.

La variable *nuit1* a été définie en utilisant la définition de l'IBSR (voir *chapitre 9*). Celle-ci indique qu'un accident se produisant entre 6h00 et 21h58 est considéré comme se produisant le jour (et donc *nuit1*=0). Cependant, comme le montre la figure 3.10, nous avons remarqué que la valeur de la variable ne collait pas toujours aux observations du policier du point de vue

de la lumière présente lors de l'accident. En effet, un accident se produisant à 21h58, en hiver, est clairement identifié par le policier comme se produisant la nuit (ou éventuellement le crépuscule), puisqu'il fait noir à cette heure là. Cependant, l'heure étant arrondie vers le bas, elle est égale à 21 et la variable *nuit1* vaut donc zéro, ce qui veut dire que l'accident est considéré comme s'étant produit le jour.

La variable *nuit2* a donc été définie afin de mieux coller à la variable *lum*. Dans ce cas, nous avons défini la nuit comme étant la période située entre le coucher et le lever du soleil le jour suivant. Nous avons donc associé, à chaque accident, l'heure du lever et du coucher du soleil à cette date afin de pouvoir regarder si l'heure à laquelle s'est produit l'accident se situait entre les deux.

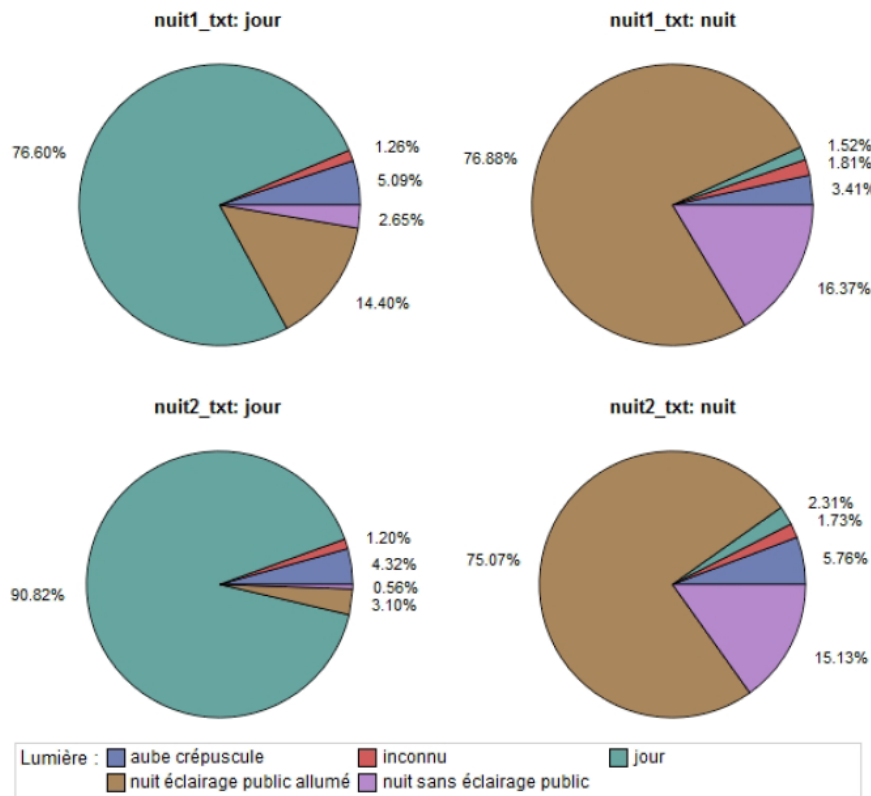


FIGURE 3.10 – Répartition des accidents en fonction de la variable *lum* selon les deux définitions de la nuit

Ces informations sur les éphémérides, pour les années de 2001 à 2012,

ont été trouvées sur le site <http://www.ephemeride.com/calendrier/solaire/19/horaires-du-soleil.html> où nous avons choisi comme ville de référence Namur parmi les villes proposées (Anvers, Bruges, Bruxelles, Charleroi, Gand, Liège, Namur, Neufchâteau, Zeebrugge). Prenons par exemple le 7 janvier 2007 et comparons les heures de lever du soleil dans les villes de Wallonie. À Charleroi, le soleil s’est levé à 8h41, à Liège à 8h37 et à Neufchâteau à 8h34. Il y a donc très peu de différence par rapport à Namur où il s’est levé à 8h40. En conséquence, on peut supposer que cette très faible différence ne devrait pas induire de biais dans notre analyse.

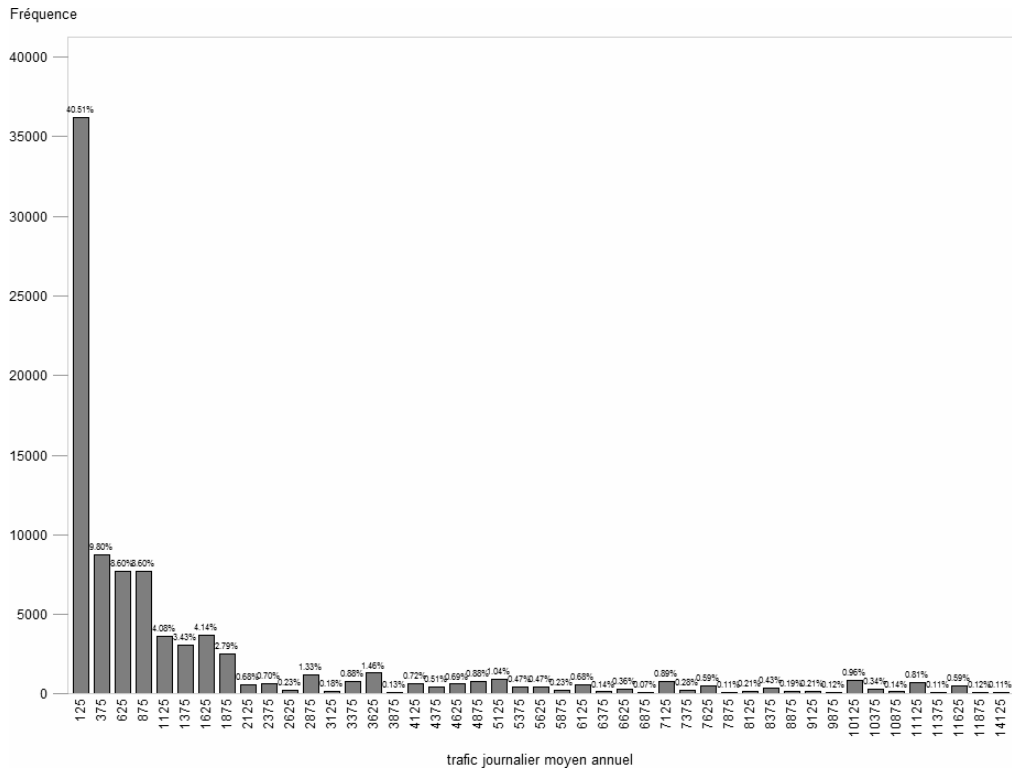
Trafic journalier moyen annuel

Afin de pouvoir comparer des routes comparables, nous avons voulu associer, à chaque route où un accident s’est produit, le trafic journalier moyen annuel mesuré sur celle-ci s’il est connu. Il s’agit du trafic journalier pris en moyenne sur un an. Cette information est importante car plus une route est fréquentée, c’est-à-dire plus sa densité de trafic est grande, plus le risque d’accident sur celle-ci est élevé. Pour faire cela, nous avons utilisé les tableaux de recensement du trafic pour l’année 2010 [1] pour comparer les routes présentes dans notre base de données et celles où une mesure du trafic journalier moyen annuel est disponible (uniquement des autoroutes, des rings ou des nationales). Si aucun comptage n’a été effectué sur la route sur laquelle l’accident s’est produit, le trafic associé est mis zéro. Si, par contre, un comptage a été effectué sur cette route, nous avons associé à l’accident le trafic correspondant à la mesure effectuée à la borne kilométrique la plus proche. Par exemple, si un accident s’est produit sur la A4 à la borne kilométrique 54, on lui associera le trafic mesuré sur la A4 à la borne 53,3 c’est-à-dire 74 530 si l’accident s’est produit de jour ou 11 470 s’il s’est produit de nuit.

Autoroute	B.K	2010 (6h-22h)	2010 (0h-24h)
⋮	⋮	⋮	⋮
A4	51,3	74 530	86 000
A4	53,3	72 000	79 000
A4	55,5	63 000	70 500
⋮	⋮	⋮	⋮

TABLE 3.2 – Exemple de trafic journalier moyen annuel [1]

La proportion d’accidents qui se sont produits sur des routes dont le trafic est connu représente environ 35% des accidents des données initiales.

FIGURE 3.11 – Répartition des accidents en fonction de la variable *trafic*

Latitude et longitude

Il nous semblait intéressant de représenter les accidents présents dans la base de données sur une carte de la Belgique. Outre le souci de visibilité, la base de données de départ étant trop importante pour être géolocalisée, nous nous sommes restreints aux accidents dont le trafic journalier moyen annuel est connu (c'est-à-dire différent de zéro). Nous avons donc utilisé le site internet <http://www.batchgeocodeur.mapjnz.com/> en lui fournissant les lieux de ces accidents. Celui-ci nous a ressorti les latitudes et les longitudes correspondants aux lieux des accidents. Nous avons ensuite pu représenter ces accidents sur une carte de la Belgique ².

2. Pour créer celle-ci, nous avons utilisé les codes du projet « Approche plurielle d'un projet pour l'entreprise » des masters 2 en sciences mathématiques à finalité spécialisée de l'année 2013-2014

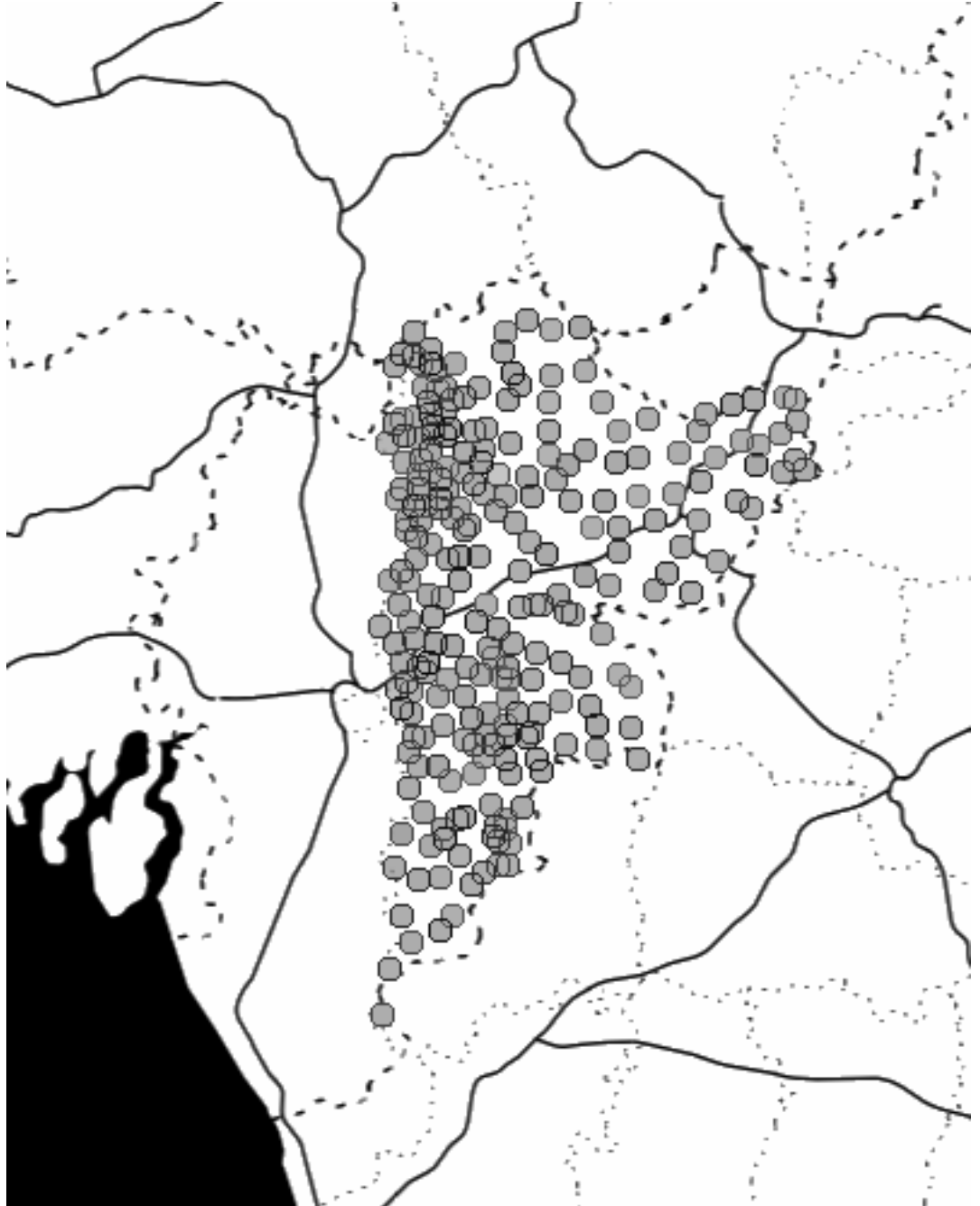


FIGURE 3.12 – Localisation des accidents dont le trafic journalier est connu

3.5 Analyse descriptive des données

Dans cette section, nous allons présenter les variables qui nous paraissent les plus importantes et qui seront souvent utilisées dans la suite du mémoire. Pour une présentation plus détaillée, rendez-vous à l'*annexe B* où une description plus globale des données initiales est faite.

	Nombre d'accidents
Routes non numérotées	69 587 (43,76%)
Routes numérotées	71 420 (44,91%)
Réseau autoroutier	18 024 (11,33%)
Total	159 031

TABLE 3.3 – Répartition des données selon le type de route

	Nombre d'accidents
Autoroutes	16 354 (90,73%)
Rings	1 604 (8,9%)
Bretelles	66 (0,37%)
Total	18 024

TABLE 3.4 – Répartition des données pour le réseau autoroutier

	Nombre d'accidents
Nationales	69 883 (97,87%)
Provinciales	397 (0,56%)
Rings	1 121 (1,57%)
Total	71 401

TABLE 3.5 – Répartition des données pour les routes numérotées

On peut voir, sur les tableaux 3.3 et 3.5, qu'un nettoyage a dû être fait au niveau des routes numérotées car, au départ, il y en avait 71 420 et au final, on n'en garde que 71 401. Cela s'explique car certaines informations ne concordaient pas. Par exemple, ces routes étaient encodées comme des routes numérotées mais leurs noms étaient des noms d'autoroute ou commençaient par **XX**. Ne sachant pas quelles informations garder, nous avons enlevé ces accidents pour la suite du travail.

La répartition des accidents selon les variables *nuit1* et *nuit2* est la suivante :

$$\begin{aligned} \text{nuit1} &= \begin{cases} 0 \text{ (jour)} & \text{pour } 81,38\% \text{ des accidents} \\ 1 \text{ (nuit)} & \text{pour } 18,62\% \text{ des accidents} \end{cases} \\ \text{nuit2} &= \begin{cases} 0 \text{ (jour)} & \text{pour } 68,14\% \text{ des accidents} \\ 1 \text{ (nuit)} & \text{pour } 31,86\% \text{ des accidents} \end{cases} \end{aligned}$$

On remarque, cette fois encore, la différence de répartition entre les deux définitions de nuit. En effet, avec la première définition (celle de l'IBSR), il y a beaucoup plus d'accidents qui sont considérés comme s'étant produits le jour (81,38%) qu'avec la deuxième définition (68,14%).

Les accidents, selon la variable *gravité*, se répartissent de la façon suivante :

$$\text{gravité} = \begin{cases} 1 \text{ (légers)} & \text{pour } 81,96\% \text{ des accidents} \\ 2 \text{ (graves)} & \text{pour } 14,49\% \text{ des accidents} \\ 3 \text{ (mortel)} & \text{pour } 3,55\% \text{ des accidents} \end{cases}$$

On remarque donc que plus de trois-quarts des accidents ne sont que des accidents légers. La proportion des accidents mortels représente 5 647 accidents, soit environ 435 accidents par an.

La répartition des accidents selon la variable *lum* est la façon suivante :

$$\text{lum} = \begin{cases} 1 \text{ (jour)} & \text{pour } 62,62\% \text{ des accidents} \\ 2 \text{ (aube/crépuscule)} & \text{pour } 4,78\% \text{ des accidents} \\ 3 \text{ (nuit éclairage public allumé)} & \text{pour } 26,03\% \text{ des accidents} \\ 4 \text{ (nuit sans éclairage public)} & \text{pour } 5,20\% \text{ des accidents} \\ 9 \text{ (inconnu)} & \text{pour } 1,37\% \text{ des accidents} \end{cases}$$

On remarque donc que la plupart des accidents se sont produits de jour. La modalité la plus fréquente ensuite est « nuit avec l'éclairage public allumé ». Ces deux modalités représentent ensemble quasiment 90% des accidents.

Chapitre 4

Tests sur les proportions

Le but de ce chapitre est de regarder si les proportions d'accidents avec ou sans éclairage public de notre base de données sont celles que l'on devrait avoir théoriquement, c'est-à-dire si l'éclairage n'a pas d'influence sur le risque d'accident. Dans cette section, nous ne considérons que les accidents qui se sont produits de nuit sur des autoroutes, des rings ou des nationales par manque d'informations concernant les routes non numérotées.

Pour cela, nous allons utiliser le test χ^2 dont les hypothèses sont les suivantes¹ :

$$\begin{cases} H_0 : & \text{les proportions sont bien représentées dans l'échantillon} \\ H_1 : & \text{les proportions ne sont pas bien représentées dans l'échantillon} \end{cases}$$

que l'on peut vérifier grâce à la statistique

$$\chi^{obs} = \sum_{i=1}^k \frac{(N_i - np_i)^2}{np_i}$$

où - k est le nombre de catégories = 2 (avec ou sans éclairage)

- N_i est l'effectif observé pour la catégorie i
- n est l'effectif total
- p_i est la probabilité théorique qu'un accident soit dans la catégorie i
- np_i est l'effectif théorique

On comparera cette statistique à la valeur du $\chi_{ddl,\alpha}^{th}$ avec le nombre de degrés de liberté ddl égal à un et un seuil de confiance de 95% (c'est-à-dire $\alpha = 0,05$). Si le χ^{obs} calculé est supérieur au $\chi_{ddl,\alpha}^{th}$ de la table, on

1. Les rappels de ce chapitre proviennent du cours [26].

rejettera H_0 ce qui signifie qu'il existe une différence significative entre les deux proportions (observée et théorique).

Pour calculer les proportions théoriques, nous allons utiliser les informations suivantes :

	km de voiries	km de voiries éclairées
Autoroutes	800	784
Rings	112	92
Nationales	6 869	1 438
Total	7 712	2 314

TABLE 4.1 – Proportion de réseau routier Wallon éclairé

Ces informations proviennent du site [38] ou ont été obtenues grâce aux contacts travaillant au SPW.

4.1 Autoroutes

Grâce au tableau 4.1, on a donc que la probabilité qu'un accident se produise de nuit avec éclairage public sur autoroute est égale à

$$p_1 = \frac{784}{800} = 0.98$$

et la probabilité qu'un accident se produise de nuit sans éclairage public est donc égale à

$$p_2 = 1 - p_1 = 0.02$$

Pour les effectifs, on a les valeurs suivantes

$$\begin{aligned} n &= 5\,899 \\ N_1 &= 5\,037 \\ N_2 &= 862 \end{aligned}$$

La valeur du χ^{obs} vaut donc

$$\begin{aligned} \chi^{obs} &= \frac{(N_1 - np_1)^2}{np_1} + \frac{(N_2 - np_2)^2}{np_2} \\ &= \frac{(5\,037 - 5\,899 \cdot 0.98)^2}{5\,899 \cdot 0.98} + \frac{(862 - 5\,899 \cdot 0.02)^2}{5\,899 \cdot 0.02} \simeq 4.7878 \cdot 10^3 \end{aligned}$$

La valeur du $\chi_{dl,\alpha}^{th}$ étant de $\chi_{1,0.05}^{th} = 3,8415$, l'hypothèse H_0 est rejetée ce qui implique que les proportions ne sont pas bien représentées dans notre échantillon. On peut le voir très rapidement par le fait que les accidents se produisant de nuit sans éclairage public sur autoroute représentent presque 15% des accidents de nuit sur autoroutes alors qu'ils ne devraient représenter que 2%.

4.2 Rings

Au niveau des rings, on a que la probabilité qu'un accident se produise de nuit avec éclairage public sur un ring est égale à

$$p_1 = \frac{92}{112} \simeq 0.82$$

et la probabilité qu'un accident se produise de nuit sans éclairage public est donc égale à

$$p_2 = 1 - p_1 \simeq 0.18$$

Pour les effectifs, on a les valeurs suivantes

$$\begin{array}{rcl} n & = & 933 \\ N_1 & = & 872 \\ N_2 & = & 61 \end{array}$$

La valeur du χ^{obs} vaut donc

$$\begin{aligned} \chi^{obs} &= \frac{(N_1 - np_1)^2}{np_1} + \frac{(N_2 - np_2)^2}{np_2} \\ &\simeq \frac{(872 - 933 \cdot 0.82)^2}{933 \cdot 0.82} + \frac{(61 - 933 \cdot 0.18)^2}{933 \cdot 0.18} \simeq 83 \end{aligned}$$

La valeur du $\chi_{dl,\alpha}^{th}$ étant de $\chi_{1,0.05}^{th} = 3,8415$, l'hypothèse H_0 est rejetée ce qui implique que les proportions ne sont pas bien représentées dans notre échantillon. On remarque que dans notre échantillon, les accidents se produisant de nuit avec éclairage public sur un ring représentent environ 93% or ils ne devraient représenter qu'environ 82% des accidents.

4.3 Nationales

Au niveau des routes nationales, on a que la probabilité qu'un accident se produise de nuit avec éclairage public sur une nationale est égale à

$$p_1 = \frac{1\,438}{6\,869} \simeq 0.21$$

et la probabilité qu'un accident se produise de nuit sans éclairage public est donc égale à

$$p_2 = 1 - p_1 \simeq 0.79$$

Pour les effectifs, on a les valeurs suivantes

$$\begin{array}{rcl} n & = & 21\,977 \\ N_1 & = & 17\,841 \\ N_2 & = & 4\,136 \end{array}$$

La valeur du χ^{obs} vaut donc

$$\begin{aligned} \chi^{obs} &= \frac{(N_1 - np_1)^2}{np_1} + \frac{(N_2 - np_2)^2}{np_2} \\ &\simeq \frac{(17\,841 - 21\,977 \cdot 0.21)^2}{21\,977 \cdot 0.21} + \frac{(4\,136 - 21\,977 \cdot 0.79)^2}{21\,977 \cdot 0.79} \simeq 47\,977 \end{aligned}$$

La valeur du $\chi_{dl,\alpha}^{th}$ étant de $\chi_{1,0.05}^{th} = 3,8415$, l'hypothèse H_0 est rejetée ce qui implique que les proportions ne sont pas bien représentées dans notre échantillon. On peut clairement voir que dans notre échantillon, les accidents se produisant de nuit avec éclairage public sur une nationale représentent environ 81% or ils ne devraient représenter qu'environ 21%.

Conclusions

On constate donc, grâce aux tests de proportions, qu'une diminution du nombre d'accidents, par rapport à ce qui est prévu théoriquement, est observée sur les autoroutes lorsqu'il y a présence d'éclairage. Cela implique donc, à priori, que l'éclairage est bénéfique sur les autoroutes.

La constatation inverse est faite sur les rings et les nationales. En effet, il y a trop d'accidents, par rapport à ce qui est prévu, qui se produisent

avec éclairage public. Il est difficile de tirer des conclusions quant à cette constatation.

On peut néanmoins ouvrir quelques pistes. Il est possible, par exemple, que, sur les nationales et les rings, les conducteurs soient plus prudents lorsque l'éclairage n'est pas installé. En effet, il faut être plus attentif aux tournants par exemple alors qu'une autoroute est plus linéaire et donc, plus rassurante. Cela irait donc dans le sens que l'éclairage amène un faux sentiment de sécurité, sur les nationales et les rings. On peut également émettre l'hypothèse que sur les nationales et les rings, il y a plus d'entrées que sur les autoroutes. Cela pourrait donc augmenter le risque d'accident puisque ces voitures doivent s'insérer dans un trafic déjà en mouvement. Enfin, on pourrait également considérer que l'éclairage est mis en place dans des zones dites « à risques ». Cela impliquerait que le risque d'accident n'est pas le même avec ou sans éclairage et il serait donc normal que ces zones là soient plus accidentogènes. Malheureusement, le manque d'informations ne nous permet pas de confirmer ces hypothèses.

Chapitre 5

Liens statistiques nuit-gravité de l'accident

Dans ce chapitre, nous allons regarder si la variable *nuit2* influence la variable *gravité*. On vérifiera donc si la gravité est, en moyenne, la même dans le cas des accidents qui se sont produits le jour et dans le cas de ceux qui se sont produits la nuit.

5.1 La méthode du resampling

Avant d'appliquer nos différents tests statistiques, nous allons devoir faire du *resampling*¹. Cette technique consiste à prendre, parmi la base de données de départ, des sous-échantillons plus petits. Celle-ci peut facilement être comparée à une enquête statistique faite sur plusieurs échantillons plutôt que de faire un recensement sur toute une population. Lorsque le nombre d'échantillons et la taille de l'échantillon sont suffisamment grands, une inférence sur les données de départ peut être faite. Nous avons recours à cette technique car les tests d'hypothèses ont tendance à rejeter H_0 lorsque la taille de l'échantillon est trop grande.

Rappelons certains concepts [36]. Supposons que l'échantillon suive une loi de Bernoulli $X_i(p)$, $i = 1, \dots, n$, où p est la probabilité de succès. Lorsque la taille de l'échantillon n est suffisamment grande², la variable $\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$

1. le code matlab pour celui-ci est disponible dans l'*Annexe C*.

2. L'approximation d'une loi binomiale par une loi normale peut se faire lorsque les conditions suivantes sont respectées : $n > 30$, $np > 5$ et $n(1 - p) > 5$

peut être approximée par une loi normale $N(p, \frac{pq}{n})$ où $q = (1 - p)$ par le théorème central limite. La formule de l'intervalle de confiance, à 95%, de la moyenne p est, dans le cas d'une loi normale [41] :

$$I_c = [p - 1,96\sigma; p + 1,96\sigma]$$

En remplacement σ par $\sqrt{\frac{pq}{n}}$, on obtient

$$e = 1,96\sqrt{\frac{pq}{n}} \Leftrightarrow \sqrt{n} = 1,96\frac{\sqrt{pq}}{e}$$

La formule donnant la taille idéale des échantillons n est donc la suivante :

$$n = \frac{t^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{e^2}$$

avec - t : le coefficient de confiance (pour 95% de confiance, on a que

$$t = u_{0,05} = 1,96)$$

- p : la probabilité de « succès », c'est-à-dire ici, la probabilité d'être le jour

- e : la marge d'erreur

Calculons d'abord la probabilité que l'accident se produise le jour

$$p = \frac{\left(\sum_{i=1}^{159\,031} \text{longueur_jour}_i \right)}{159\,031} = \frac{12.39}{24} \simeq 0.5166$$

Ce qui donne donc comme taille d'échantillon minimale

$$n = \frac{1,96^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{0.05^2} \simeq 383.7 \text{ pour une erreur de } 5\%$$

5.2 Analyse de la variance

L'objectif de cette analyse est de regarder si une variable qualitative ou catégorique influence une variable quantitative³. Par exemple, une ANOVA peut être effectuée pour voir si la couleur des yeux (variable qualitative) influence le QI (variable quantitative). Pour l'ANOVA à un facteur, on va comparer les moyennes de la variable quantitative (c'est-à-dire, dans le cas

3. Les rappels de cette sous-section proviennent du cours [26].

présent, la gravité) de chaque catégorie (c'est-à-dire, dans le cas présent, d'une part les accidents qui se sont produits le jour et d'autre part les accidents qui se sont produits la nuit) à la moyenne de l'ensemble (c'est-à-dire tous les accidents, sans considérer s'ils se sont produits le jour ou la nuit). On va donc comparer l'hypothèse H_0 d'égalité des moyennes à l'hypothèse H_1 qui suppose qu'au moins une moyenne d'une catégorie diffère d'une moyenne d'une autre catégorie.

$$\begin{cases} H_0 : & \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n \\ H_1 : & \exists i, j \text{ tel que } \mu_i \neq \mu_j \end{cases}$$

Si l'hypothèse H_0 est rejetée (et donc l'hypothèse H_1 acceptée), on pourra en conclure que la variable catégorique a un impact sur la moyenne de la variable quantitative étudiée.

Les hypothèses de ce modèle sont que chaque catégorie suit une loi normale et que les variances sont homogènes (homoscédasticité). Cette homoscédasticité peut-être vérifiée par un test de Bartlett ou de Levene tandis que la normalité se vérifie grâce à des tests visuels (un Q-Q plot par exemple), via un test du χ^2 ou en vérifiant que les résidus sont distribués selon une loi normale.

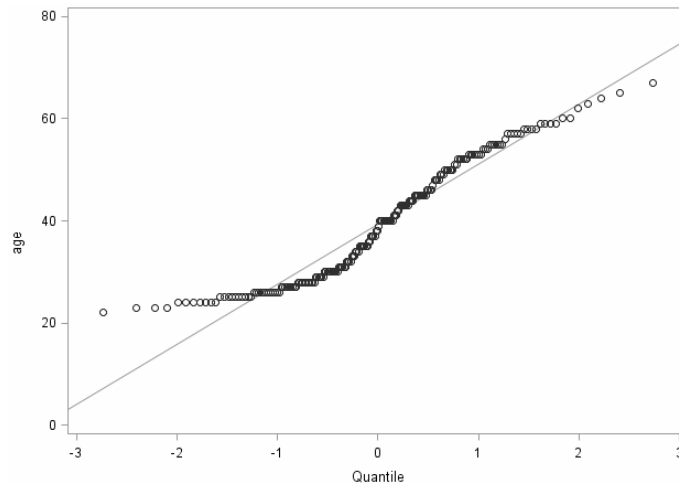


FIGURE 5.1 – Exemple de Q-Q plot

Par exemple, sur la figure 5.1, si les quantiles observés se trouvent sur la droite, la distribution de la variable suit une loi normale.

Pour effectuer une ANOVA, plusieurs tests sont possibles :

1. **Test-t (comparaison de deux moyennes)** : on veut tester si la valeur de la variable quantitative diffère en moyenne significativement selon les catégories de la variable qualitative ou catégorique. Ce test nécessite que chaque catégorie suive une loi normale donc, si cette hypothèse n'est pas vérifiée, il faudra prendre des précautions avec les résultats de ce test.
2. **Test de Wilcoxon (comparaison de deux moyennes)** : ce test est similaire à un test-t mais peut être utilisé lorsque l'hypothèse de normalité n'est pas vérifiée.
3. **Test à un critère (comparaison de k moyennes)** : on veut tester si toutes les populations sont équivalentes selon un critère. Ce test n'oblige pas la variable qualitative ou catégorique à être une variable à deux modalités.

Dans notre cas, le but va donc être de regarder si la nuit a une influence sur la gravité des accidents. On va donc regarder si la valeur de la gravité diffère en moyenne selon que l'accident se soit produit le jour ou la nuit.

Après resampling, voici la description des échantillons obtenus aléatoirement.

nuit2	éch1	éch2	éch3	éch4	éch5	éch6	éch7	éch8	éch9	éch10
jour	269	268	257	268	272	259	265	284	273	265
nuit	116	117	128	117	113	116	120	101	112	120

TABLE 5.1 – Description des échantillons

Les résultats des différents tests sont repris dans le tableau 5.2. Dans les tests d'égalité, un ✓ indique qu'on peut considérer qu'il y a bien égalité dans l'échantillon et un × indique qu'on peut rejeter significativement l'hypothèse selon laquelle il y a égalité. Dans les tests de normalité, un ✓ indique qu'on peut considérer que chaque catégorie suit une loi normale dans l'échantillon et un × indique qu'on ne peut pas considérer que chaque catégorie suit une loi normale. Un ×× indique que l'hypothèse nulle est fortement rejetée.

	éch1	éch2	éch3	éch4	éch5	éch6	éch7	éch8	éch9	éch10	conclusion
test-t											
égalité var	××	✓	✓	✓	✓	××	✓	×	××	××	×
égalité moy	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓
wilcoxon											
égalité moy	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓
test à un critère											
égalité moy	✓	✓	✓	✓	✓	××	✓	✓	✓	×	✓
levane											
égalité var	✓	✓	✓	✓	✓	××	✓	✓	✓	✓	✓
kruskal-wallis											
normalité	✓	✓	✓	✓	✓	××	✓	✓	✓	××	✓

TABLE 5.2 – Résultats des tests ANOVA - nuit/gravité

Malgré un test-t qui semble rejeter l'hypothèse d'égalité des variances, nous pouvons conclure que la gravité ne diffère pas en moyenne selon que l'accident se soit produit le jour ou la nuit. Nous pouvons confirmer ce résultat en représentant les boîtes à moustaches de la variable *gravité* pour les accidents qui se sont produits le jour ou la nuit. Pour rappel, une boîte à moustaches ordonne les données et les coupe en quatre groupes de 25%. La grande barre centrale dans la boîte représente la médiane tandis que les deux autres représentent le premier et le troisième quartiles. Le maximum et le minimum, si l'on ne considère pas les outliers, sont représentés par les barres plus petites. Les outliers sont représentés par des sigles \circ tandis que la moyenne est représentée par le sigle \diamond [26].

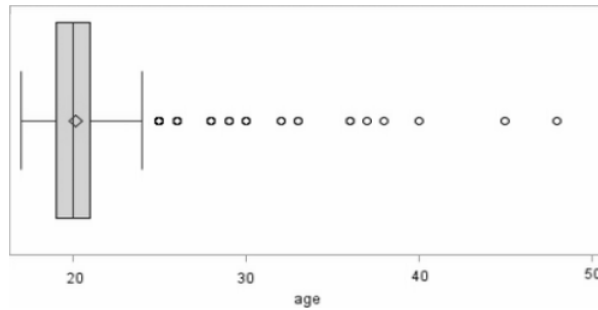


FIGURE 5.2 – Exemple de boîte à moustaches

Dans la figure 5.3, on remarque qu'il n'y a pas de « boîte » car les valeurs du premier quartile, de la médiane et du troisième quartile sont confondues et valent un. Pour les accidents qui se sont produits la nuit, la gravité moyenne est de 1,27. Pour les accidents qui se sont produits le jour, la gravité moyenne est de 1,19. La différence entre les moyennes des deux catégories n'est donc que de 0,08.

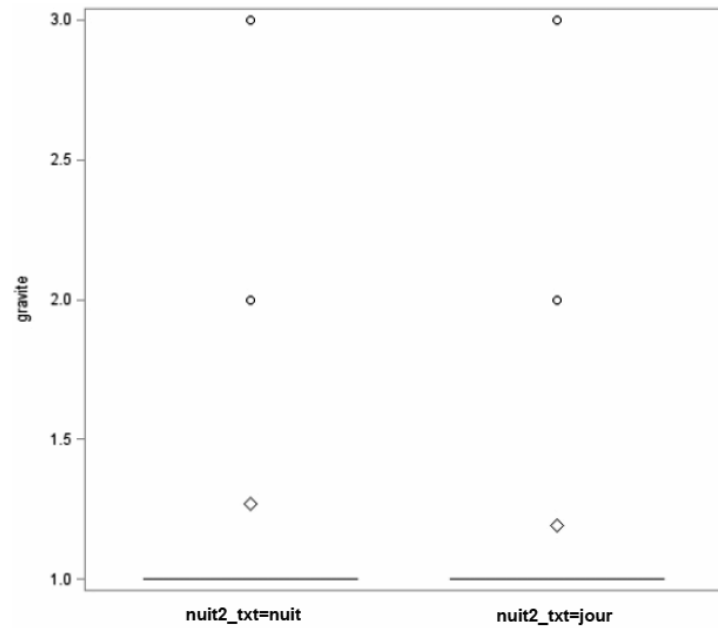


FIGURE 5.3 – Boîte à moustaches de la variable gravité selon la valeur de la variable *nuit2*

Chapitre 6

Liens statistiques éclairage-gravité de l'accident

Dans ce chapitre, nous allons nous restreindre aux données pour lesquelles le trafic journalier moyen annuel est connu et où la variable *lum* prend soit la valeur « nuit avec éclairage public » soit la valeur « nuit sans éclairage public ». Nous ne tenons donc plus compte que de 18 989 accidents.

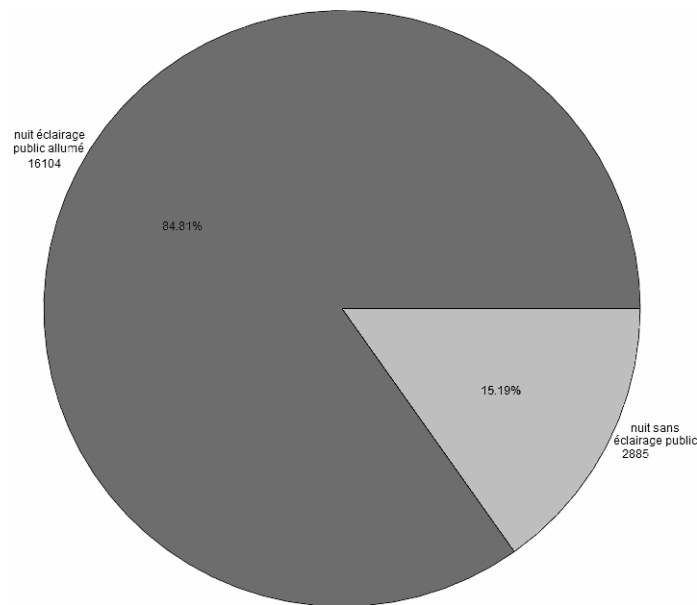


FIGURE 6.1 – Répartitions des accidents (dont le trafic journalier moyen est connu) selon la variable *lum*

L'objectif de cette partie est de regarder si la variable *lum* influence la variable *gravité*. Nous allons donc tester si la gravité est, en moyenne, la même dans le cas des accidents qui se sont produits de nuit, avec ou sans éclairage public.

6.1 Analyse de la variance

Dans un premier temps, nous allons regarder si la présence d'éclairage a une influence sur la gravité des accidents. Nous allons donc, refaire des ANOVA afin de regarder si la valeur de la gravité diffère, en moyenne, selon que l'accident se soit produit avec ou sans éclairage public.

Avant d'appliquer ces différents tests, nous allons, cette fois encore, faire du *resampling*. La probabilité de « succès » est, cette fois, la probabilité que l'accident se produise avec l'éclairage public allumé. Pour éviter de longs calculs, nous allons prendre la valeur de p qui maximise la taille minimum de l'échantillon (n dans la formule), c'est-à-dire $p = 0.5$. Cela donne donc comme taille d'échantillon minimale

$$n = \frac{1,96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{0.05^2} \simeq 384.16$$

Nous prendrons donc dix échantillons de 385 accidents choisis aléatoirement. La répartition de ceux-ci selon la variable *lum* est donnée dans le tableau 6.1.

éclairage	éch1	éch2	éch3	éch4	éch5	éch6	éch7	éch8	éch9	éch10
avec	327	330	322	323	332	334	338	330	313	322
sans	58	55	63	62	53	51	47	55	72	63

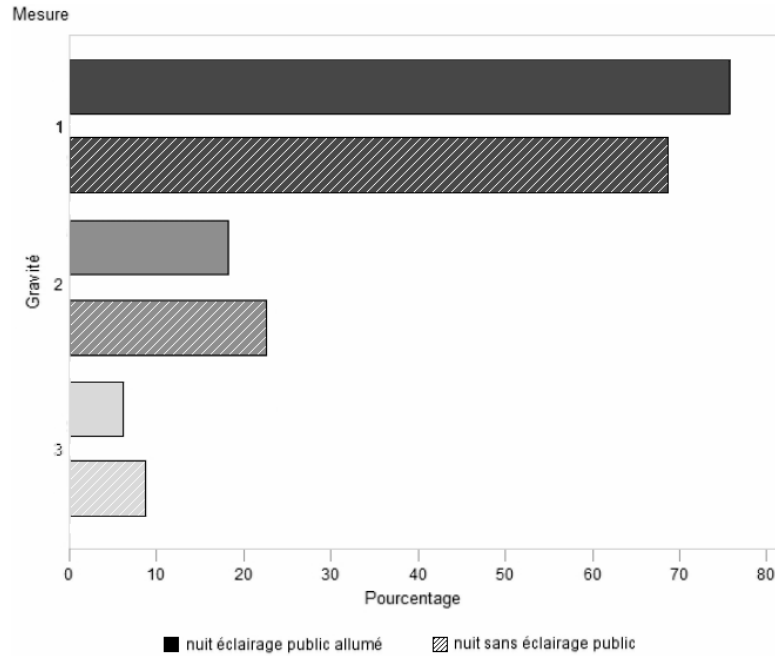
TABLE 6.1 – Description des échantillons

Les résultats des différents tests sont repris dans le tableau 6.2.

Nous pouvons donc en conclure que la gravité ne diffère pas en moyenne selon que l'accident se soit produit avec ou sans éclairage public. En effet, celle-ci vaut 1,3 pour les accidents avec éclairage public et 1,4 pour les accidents sans éclairage public. Comme constaté dans la figure 6.2, les proportions des différentes modalités de la variable *gravité* sont relativement proches, que l'accident se soit produit avec ou sans éclairage public.

	éch1	éch2	éch3	éch4	éch5	éch6	éch7	éch8	éch9	éch10	conclusion
test-t											
égalité var	✓	✓	××	✓	✓	✓	✓	××	✓	✓	✓
égalité moy	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
wilcoxon											
égalité moy	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
test à un critère											
égalité moy	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓
levене											
égalité var	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓
kruskal-wallis											
normalité	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

TABLE 6.2 – Résultats des tests ANOVA - éclairage/gravité

FIGURE 6.2 – Comparaison de la répartition des accidents selon la variable *gravité* dans les deux modalités de la variable *lum*

6.2 Classification par trafic journalier moyen

Pour la suite, nous décidons de refaire les mêmes analyses mais cette fois en nous restreignant sur des classes de routes ayant un trafic journalier moyen annuel comparable. Pour ce faire, nous allons donc créer des classes de trafic. Le moyen le plus correct, d'un point de vue mathématique, est donc de faire une classification à une dimension sur la variable *trafic*.

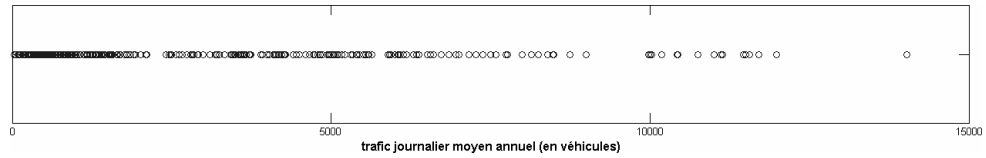


FIGURE 6.3 – Représentation graphique des trafics journaliers moyens

Le but de la classification est de grouper n individus en k classes selon des caractéristiques communes. On va donc former différentes classes, selon un ou plusieurs critères, à partir de l'ensemble de départ et étiqueter ensuite ces classes¹. De plus, ces classes doivent être les plus naturelles possible. On va donc chercher la partition en k classes de l'ensemble E de départ :

$$P = \{C_1, \dots, C_k\}$$

qui minimise le critère de classification. Celui-ci mesure la qualité de toutes les partitions en k classes. Dans la suite, on parlera d'indice d'agrégation δ . Celui-ci représente la distance entre les classes. C'est une mesure de proximité entre les classes. Il diffère selon la méthode de classification utilisée.

Dans cette section, on va regarder, pour chaque méthode de classification et pour chaque méthode de détermination du nombre de classes, la classification obtenue. Parmi toutes celles-ci, on choisira ensuite la plus naturelle et on étiquettera les différentes classes.

Méthodes de classification

Pour effectuer une classification, on peut utiliser plusieurs méthodes de classification. Celles-ci sont les suivantes :

1. **Méthode du lien moyen** : pour cette méthode, l'indice d'agrégation entre deux classes utilise la moyenne des distances entre les couples d'objets des deux classes.

1. Les rappels de cette section proviennent des cours [17] et [8].

2. **Méthode du lien minimum** : pour cette méthode, l'indice d'agrégation entre deux classes utilise la distance entre les objets les plus proches appartenant à des classes différentes.
3. **Méthode des centroïdes** : pour cette méthode, l'indice d'agrégation entre deux classes utilise la distance entre les centres des deux classes.
4. **Méthode de Ward** : pour cette méthode, l'indice d'agrégation entre deux classes utilise l'accroissement minimal de l'inertie pour les classes.
5. **Méthode des nuées dynamiques** : cette méthode tente d'optimiser le critère

$$W(P, k) = \sum_{l=1}^k D(C_l, L^{(l)})$$

où $P = (C_1, \dots, C_k)$ est une partition et $L = (L^{(1)}, \dots, L^{(k)})$ une représentation de celle-ci. La représentation est créée en associant, à chaque classe C_i , un prototype L_i de cette classe. On calcule donc, pour chaque classe, la distance entre la classe et son représentant.

Méthodes de détermination du nombre de classes

Pour déterminer le nombre de classes, on peut utiliser plusieurs méthodes. Celles-ci sont les suivantes :

1. **Dendrogramme** : le dendrogramme est un arbre hiérarchique. À chaque fois que l'on coupe cet arbre par une droite horizontale, on obtient une partition. Cette droite coupera des droites verticales de sorte que les objets reliés à la même droite verticale, en dessous de la droite horizontale, appartiendront à une même classe. Le nombre de classes correspond au nombre de barres verticales coupées à l'endroit du plus grand saut sur le dendrogramme.

Par exemple, sur la figure 6.4, on peut conclure que le nombre idéal de classes est deux puisque le saut le plus grand se situe au niveau de l'accolade. De ce fait, les pays seront répartis en deux classes : la première comprenant la Turquie et la deuxième comprenant tous les autres pays.

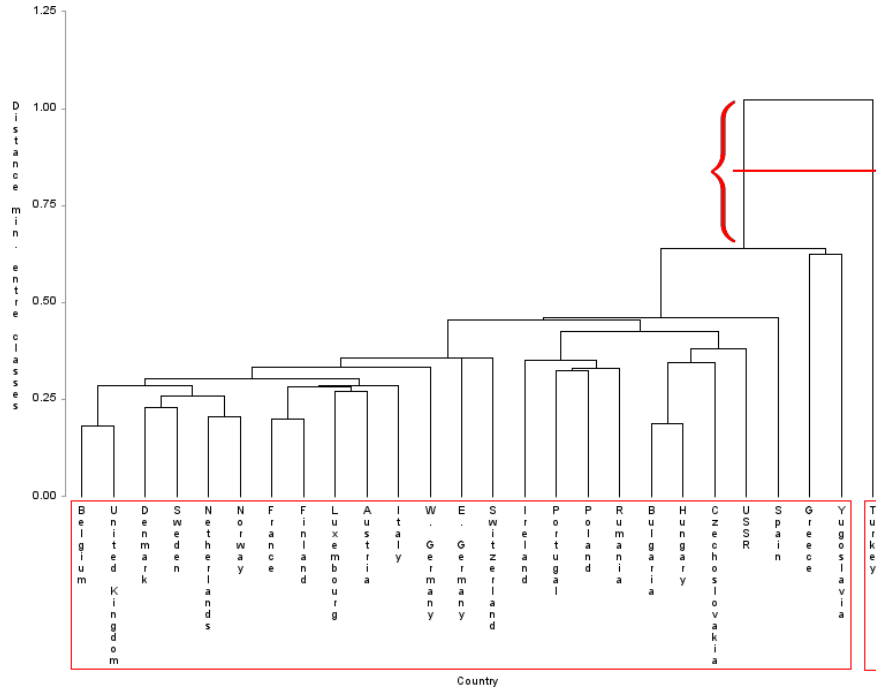


FIGURE 6.4 – Exemple d'un dendrogramme

2. **Coude** : ce test consiste à tracer le graphe du critère des hypervolumes en fonction du nombre de classes. Pour chaque classe, on calcule

$$W(P, k) = \sum_{l=1}^k m(H(C_l))$$

où $m(H(C_l))$ est l'hypervolume de l'enveloppe convexe de la classe C_l . En dimension 1, l'hypervolume correspond à la longueur. En dimension 2, il correspond à l'aire. Un exemple est donné à la figure 6.5. En dimension 3, il correspond au volume.

L'endroit où se situe le « coude » le plus prononcé donne le nombre optimal de classes. Par exemple, sur la figure 6.6, on peut conclure que le nombre idéal de classes est deux ou trois puisque ce sont les deux coudes les plus marqués. Dans ce cas-ci, on peut considérer que le critère des hypervolumes est suffisamment bas lorsque le nombre de classes vaut deux, environ 0,3, et de ce fait choisir une classification en deux classes.

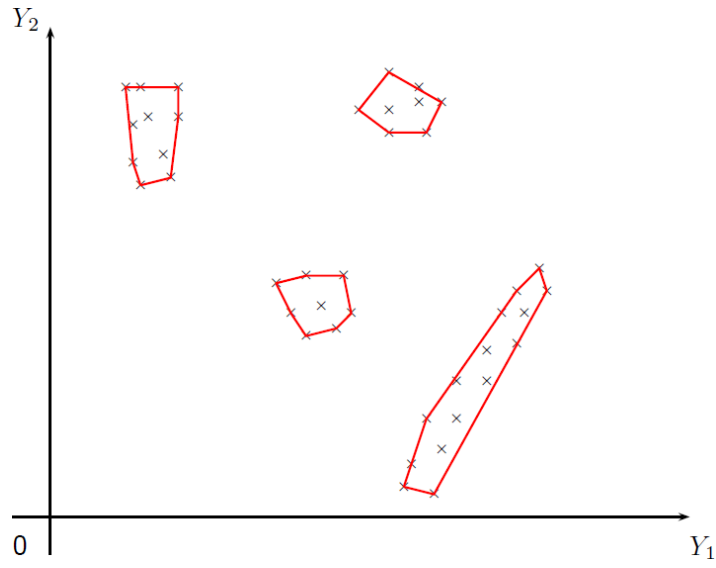


FIGURE 6.5 – Exemple d’une classification basée sur la méthode des hyper-volumes [17]

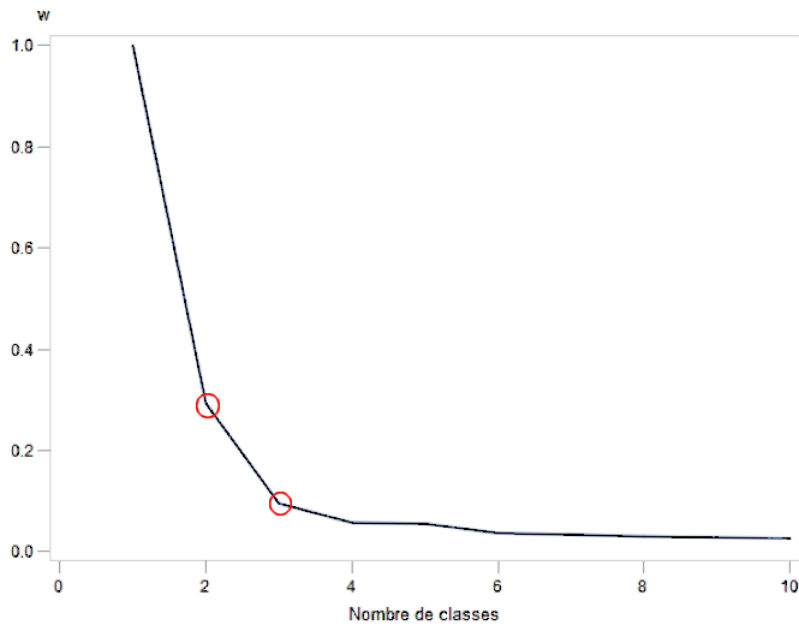


FIGURE 6.6 – Exemple de la méthode du coude

3. **Pseudo F-test** : ce test est basé sur la méthode de Calinski et Harabasz. Pour chaque nombre de classes k , on calcule

$$CH(k) = \frac{\frac{tr(M_B)}{k-1}}{\frac{tr(M_W)}{n-k}}$$

où M_B est la matrice de dispersion inter-classes et M_W la matrice de dispersion intra-classes. Le nombre de classes correspond au k tel que $CH(k)$ atteint un maximum, relatif ou absolu, ou lorsqu'on observe un écart important entre deux valeurs successives de CH .

4. **Pseudo t^2 -test** : ce test est basé sur la méthode de Duda et Hart. Pour chaque nombre de classes, on calcule

$$DH = \frac{\left[-\frac{J_e(2)}{J_e(1)} + 1 - \frac{2}{\pi p}\right]}{\sqrt{\frac{2(1-\frac{8}{\pi^2 p})}{np}}}$$

où p est l'estimation de la dimensionnalité (déterminée par une ACP),

$$J_e(1) = \sum_{x \in C} d^2(x, g) = I(C) \text{ et } J_e(2) = \sum_{l=1}^2 \sum_{x_i \in C_l} d^2(x_i, g^{(l)}).$$

Le nombre de classes -1 correspond à l'endroit où la valeur de l'indice t^2 atteint un maximum relatif ou absolu.

5. **CCC** : ce test représente le critère de classification cubique. Pour chaque nombre de classes, on calcule

$$CCC = \ln \left[\frac{\frac{1-E(R^2)}{1-R^2}}{\frac{(\frac{np}{2})^{0.5}}{(0.001+E(R^2))^{1.2}}} \right]$$

où R^2 est le pourcentage de variance expliquée par les classes et $E(R^2)$ est l'espérance calculée en supposant que les données sont générées suivant une distribution uniforme multidimensionnelle. Le nombre de classes correspond à l'endroit où la valeur du CCC atteint un pic maximal. Ce pic doit être plus grand que deux pour que le nombre de classes soit fiable.

Appliquons maintenant la méthode du lien moyen avec les différentes méthodes de détermination du nombre de classes sur notre variable *trafic*.

Au niveau du dendrogramme, on remarque clairement que le saut le plus grand se situe en deux classes. Pour cette méthode, le nombre optimal de classe vaut donc 2.

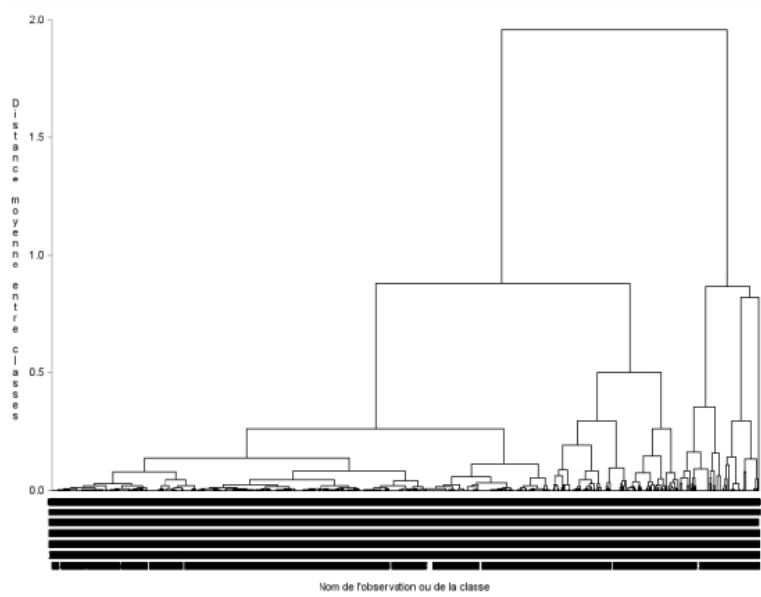


FIGURE 6.7 – Détermination du nombre de classes - Dendrogramme

Au niveau du CCC, on constate que le pic maximal se situe en trois classes. Pour cette méthode, le nombre optimal de classes vaut donc 3.

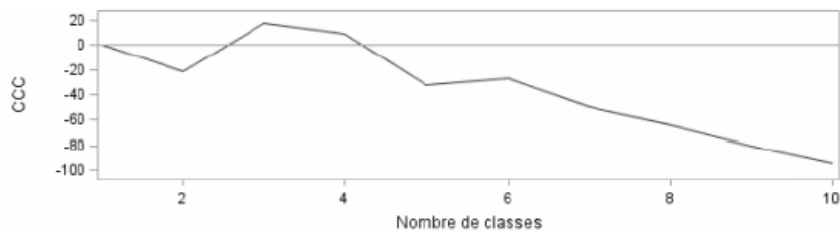


FIGURE 6.8 – Détermination du nombre de classes - CCC

Au niveau du pseudo-F, on constate que le maximum se situe en quatre classes. Pour cette méthode, le nombre optimal de classes vaut donc 4.

Au niveau du pseudo- t^2 , on constate que le maximum se situe en deux classes. Pour cette méthode, le nombre optimal de classes vaut donc $2+1 = 3$ classes.

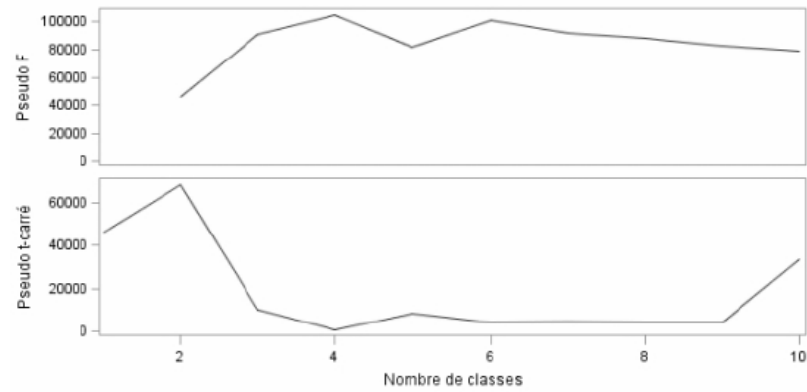


FIGURE 6.9 – Détermination du nombre de classes - pseudo-F, pseudo- t^2

Au niveau de la méthode du coude, on constate deux coudes successifs en deux ou trois classes. Pour cette méthode, le nombre optimal de classes vaut donc 2 ou 3.

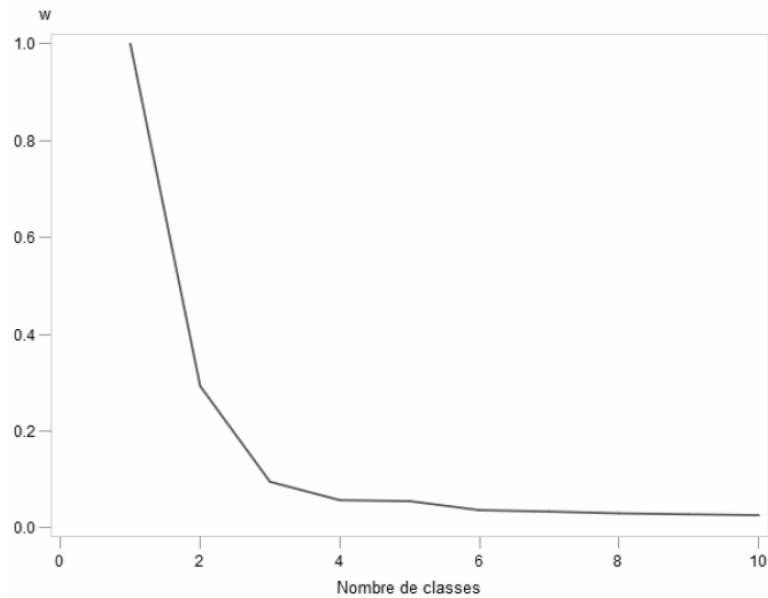


FIGURE 6.10 – Détermination du nombre de classes - Coude

Après avoir appliqué toutes les méthodes (pour plus de détails, voir *Annexe D*), on obtient le tableau récapitulatif 6.3.

Méthodes	Dendrogramme	Coude	Pseudo-F	Pseudo-t ²	CCC
Lien moyen	2	2 ou 3	4	3	3
Centroïdes	2	2 ou 4	6	4	/
Ward	2	2 ou 3	/	3	6
Nuées dynamiques	/	2 ou 3	4	/	3

TABLE 6.3 – Nombres de classes en fonction des méthodes de classification et des méthodes de détermination du nombre de classes

Nous allons donc regarder les classes obtenues

- pour la méthode du lien moyen avec deux ou trois classes
- pour la méthode des centroïdes avec deux ou quatre classes
- pour la méthode de Ward avec deux ou trois classes
- pour la méthode des nuées dynamiques avec trois classes

Description des classifications obtenues

On remarque que beaucoup de méthodes donnent les mêmes classes, ce qui fait qu'il ne reste, au final, que quatre classifications différentes possibles.

Celles-ci peuvent se décrire de la manière suivante :

1. Classification en deux classes (obtenues avec les méthodes des centroïdes, du lien moyen et de Ward) : la première classe est composée de 89% des accidents et la deuxième des 11% restants. La première classe est composée des 16 820 routes ayant un trafic journalier moyen annuel compris entre 33 et 6 373 tandis que la deuxième classe est composée des 2 169 routes ayant un trafic journalier moyen annuel compris entre 6 504 et 14 025.
2. Classification en trois classes (obtenues avec la méthode des nuées dynamiques) : la première classe est composée de 76% des accidents, la deuxième de 18% et la troisième des 6% restants. La première classe est composée des 14 501 routes ayant un trafic journalier moyen annuel compris entre 33 et 3 589, la deuxième classe est composée des 3 394 routes ayant un trafic journalier moyen annuel compris entre 3 605 et 8 750, la troisième classe est composée des 1 094 routes ayant un trafic journalier moyen annuel compris entre 9 000 et 14 025.
3. Classification en trois classes (obtenues avec les méthodes du lien moyen et de Ward) : la première classe est composée de 70% des accidents, la deuxième de 18% et la troisième des 12% restants. La première classe

est composée des 13 339 routes ayant un trafic journalier moyen annuel compris entre 33 et 2 105, la deuxième classe est composée des 3 481 routes ayant un trafic journalier moyen annuel compris entre 2 417 et 6 373, la troisième classe est composée des 2 169 routes ayant un trafic journalier moyen annuel compris entre 6 504 et 14 025.

4. Classification en quatre classes (obtenues avec la méthode des centroïdes) : la première classe est composée de 70% des accidents, la deuxième de 18%, la troisième de 11% et la dernière de moins du 1% restant. La première classe est composée des 13 339 routes ayant un trafic journalier moyen annuel compris entre 33 et 2 105, la deuxième classe est composée des 3 481 routes ayant un trafic journalier moyen annuel compris entre 2 417 et 6 373, la troisième classe est composée des 2 138 routes ayant un trafic journalier moyen annuel compris entre 6 504 et 11 982, la quatrième classe est composée des 31 routes ayant un trafic journalier moyen annuel de 14 025.

Les différentes classifications obtenues sont représentées à la figure 6.11.

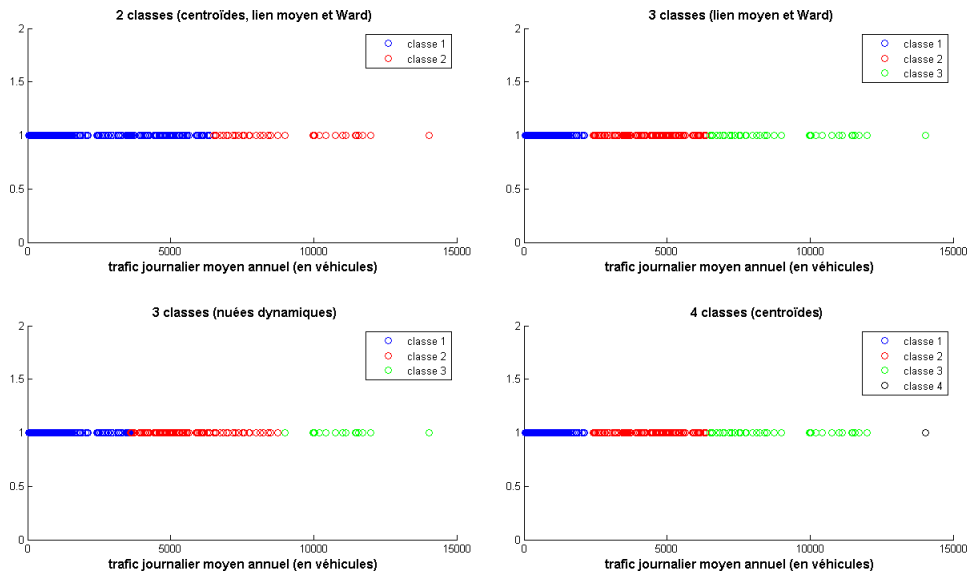


FIGURE 6.11 – Représentations des classifications possibles

Tout d'abord, nous pouvons déjà remarquer que la classification en quatre classes n'apporte pas de plus-values par rapport à celle en trois classes obtenue avec les méthodes du lien moyen et de Ward. En effet, celle-ci subdivise la troisième classe en deux nouvelles classes en mettant, dans une classe, les

outliers (c'est-à-dire les routes ayant un trafic journalier moyen annuel égal à 14 025). Nous ne garderons donc pas cette classification.

D'autre part, nous remarquons que, visuellement, la classification en trois classes obtenues avec les méthodes du lien moyen et de Ward semble plus pertinente que celle obtenue avec la méthode des nuées dynamiques. En effet, la première a des valeurs de coupures plus évidentes que la seconde. Nous ne garderons donc pas la classification obtenue avec la méthode des nuées dynamiques.

Enfin, nous décidons de garder la classification en trois classes obtenue avec les méthodes du lien moyen et de Ward plutôt que celle en deux classes. La classification en trois classes sépare la première classe de la classification en deux classes, qui représente près de 90% des accidents, en deux classes de 70% et 18%. Cette classification nous paraît donc plus homogène. De plus, la classification en deux classes n'a souvent été suggérée que par la méthode du dendrogramme et celle-ci est peu fiable si elle est la seule à suggérer un nombre de classes. Les classes peuvent être facilement étiquetées par les routes ayant un trafic journalier moyen annuel faible ($\leq 2\,105$ véhicules), moyen (entre 2 417 et 6 373 véhicules) ou élevé ($\geq 6\,504$ véhicules).

	Trafic faible ≤ 2105 véhicules	Trafic moyen entre 2417 et 6373 véhicules	Trafic élevé ≥ 6504 véhicules
avec éclairage public	59,5%	15,1%	10,2%
sans éclairage public	10,8%	3,2%	1,2%
Total	70,3%	18,3%	11,4%

TABLE 6.4 – Répartition des accidents dans les classes choisies

6.3 Analyse de la variance par classe de trafic

Maintenant que nous avons établi une classification, nous allons donc refaire une ANOVA pour chacune des trois classes de trafic afin de voir si, dans une classe d'accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic comparable, la gravité diffère en moyenne si l'accident s'est produit de nuit avec ou sans éclairage public.

Trafic faible

Le nombre d'accidents appartenant à cette catégorie étant relativement grand (13 339), un resampling est nécessaire. Nous prendrons donc dix échan-

tillons de 385 accidents choisis aléatoirement.

éclairage	éch1	éch2	éch3	éch4	éch5	éch6	éch7	éch8	éch9	éch10
avec	323	329	323	319	337	325	324	321	332	321
sans	62	56	62	66	48	60	61	64	63	64

TABLE 6.5 – Description des échantillons

Les résultats des différents tests sont repris dans le tableau 6.6. La plupart des tests d'hypothèses acceptant H_0 , nous pouvons donc en conclure que la gravité ne diffère pas en moyenne, dans la classe d'accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic faible, selon que l'accident se soit produit de nuit avec ou sans éclairage public.

	éch1	éch2	éch3	éch4	éch5	éch6	éch7	éch8	éch9	éch10	conclusion
test-t											
égalité var	✓	×	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	×	✓
égalité moy	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
wilcoxon											
égalité moy	×	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓
test à un critère											
égalité moy	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓
levane											
égalité var	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓
kruskal-wallis											
normalité	×	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓

TABLE 6.6 – Résultats des tests ANOVA dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic faible - éclairage/gravité

Trafic moyen

Le nombre d'accidents appartenant à cette catégorie étant relativement grand (3 481), un resampling est nécessaire. Nous prendrons donc dix échantillons de 385 accidents choisis aléatoirement.

éclairage	éch1	éch2	éch3	éch4	éch5	éch6	éch7	éch8	éch9	éch10
avec	320	315	315	317	324	316	302	332	331	327
sans	65	70	70	68	61	69	83	53	54	58

TABLE 6.7 – Description des échantillons

Les résultats des différents tests sont repris dans le tableau 6.8. Mis à part pour l'échantillon n° 1, nous pouvons conclure que la gravité ne diffère pas en moyenne, dans la classe d'accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic moyen, selon que l'accident se soit produit de nuit avec ou sans éclairage public. Puisque la plupart des échantillons acceptent l'hypothèse H_0 selon laquelle la gravité ne diffère pas en moyenne, on peut supposer que l'échantillon n° 1 est un échantillon extrême (qui contient des outliers) et dont on ne doit donc pas tenir compte.

	éch1	éch2	éch3	éch4	éch5	éch6	éch7	éch8	éch9	éch10	conclusion
test-t											
égalité var	×	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	×	✓	✓
égalité moy	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
wilcoxon											
égalité moy	×	✓	✓	✓	×	✓	×	✓	✓	✓	✓
test à un critère											
égalité moy	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
levane											
égalité var	×	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	×	✓	✓
kruskal-wallis											
normalité	×	✓	✓	✓	×	✓	×	✓	✓	✓	✓

TABLE 6.8 – Résultats des tests ANOVA dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic moyen - éclairage/gravité

Trafic élevé

Le nombre d'accidents appartenant à cette catégorie étant relativement grand (2 169), un resampling est nécessaire. Nous prendrons donc dix échantillons de 385 accidents choisis aléatoirement.

éclairage	éch1	éch2	éch3	éch4	éch5	éch6	éch7	éch8	éch9	éch10
avec	345	337	352	341	350	337	347	343	346	340
sans	40	48	33	44	35	48	38	42	39	45

TABLE 6.9 – Description des échantillons

Les résultats des différents tests sont repris dans le tableau 6.10. Il est évident, dans cette classe d’accidents, que nous pouvons conclure que la gravité ne diffère pas en moyenne selon que l’accident se soit produit de nuit avec ou sans éclairage public.

	éch1	éch2	éch3	éch4	éch5	éch6	éch7	éch8	éch9	éch10	conclusion
test-t											
égalité var	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
égalité moy	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
wilcoxon											
égalité moy	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
test à un critère											
égalité moy	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
levane											
égalité var	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
kruskal-wallis											
normalité	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

TABLE 6.10 – Résultats des tests ANOVA dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic élevé - éclairage/gravité

Conclusion

On peut donc conclure que, la gravité ne diffère pas en moyenne selon que l’accident se soit produit de nuit avec ou sans éclairage public et ce, quelque soit la classe de trafic.

6.4 Analyse de la variance par classe de trafic et de conditions atmosphériques

Pour terminer, nous avons décidé de pousser la comparaison jusqu'au bout et, de ce fait, de comparer les accidents qui se sont produits sur des routes avec un trafic journalier similaire et dans des conditions atmosphériques similaires. Nous allons donc nous intéresser aux variables *atm1* et *atm2* qui, pour rappel, présentent huit modalités : « autre », « brouillard », « chutes de neige », « grêle », « inconnues », « normales », « pluie » et « vent violent, rafales ».

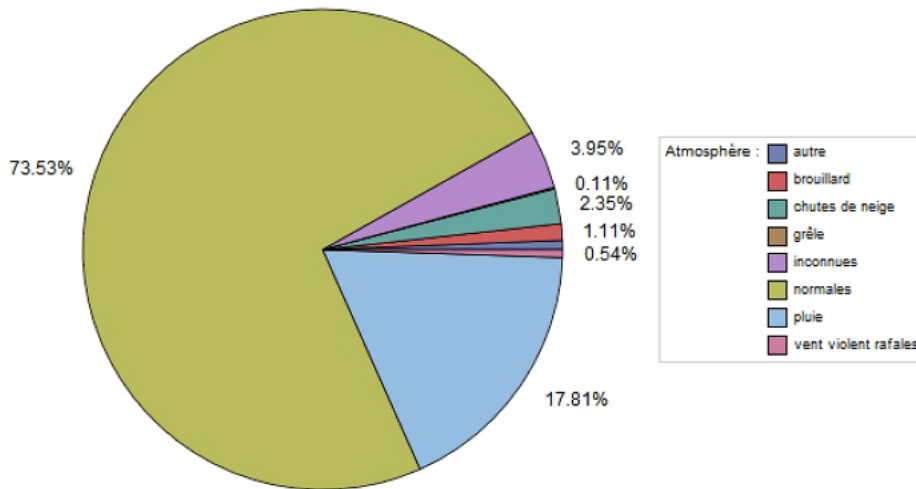


FIGURE 6.12 – Répartition des accidents selon les conditions atmosphériques dans lesquelles ils se sont produits

Cependant, si on regarde le nombre d'accidents pour chacune des modalités et dans chacune des classes, on constate que celui-ci est parfois très faible. C'est le cas, par exemple, des six accidents qui se sont produits sur une route avec un trafic moyen et dans des conditions atmosphériques de grêle. Afin de ne pas tirer des conclusions sur un échantillon peu représentatif (moins de 1% des accidents), nous ne ferons pas d'ANOVA sur les bases de données d'accidents grisées dans le tableau 6.11. Nous n'allons pas non plus effectuer d'ANOVA pour la modalité « inconnues » puisque deux accidents avec des conditions atmosphériques inconnues n'ont pas pour autant les mêmes conditions atmosphériques et ne peuvent donc être comparés. Il en est de même pour la modalité « autre ».

Conditions atm.	Trafic faible	Trafic moyen	Trafic élevé
Autre	80	29	12
Brouillard	182	26	11
Chutes de neige	335	102	34
Grêle	20	6	0
Inconnues	707	32	11
Normales	9 422	2 777	1 763
Pluie	2 539	508	334
Vent violent, rafales	194	51	19

TABLE 6.11 – Répartitions des accidents dans chacune des classes et pour chaque valeur de la variable *atm1*

Nous allons donc effectuer

- trois ANOVA pour la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic journalier moyen annuel faible (avec comme conditions atmosphériques : « chutes de neige », « normales » et « pluie »)
- deux ANOVA pour la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic journalier moyen annuel moyen (avec comme conditions atmosphériques : « normales » et « pluie »)
- deux ANOVA pour la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic journalier moyen annuel élevé (avec comme conditions atmosphériques : « normales » et « pluie »)

Trafic faible et chutes de neige

Le nombre d'accidents appartenant à cette catégorie étant relativement petit (335 accidents), un resampling n'est pas nécessaire. Ceux-ci se répartissent en 268 accidents avec éclairage public allumé et 67 sans éclairage public. Les résultats des différents tests sont repris dans le tableau 6.12.

Nous pouvons en conclure que la gravité ne diffère pas en moyenne selon que l'accident se soit produit de nuit avec ou sans éclairage public dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic faible et qui se sont produits dans des conditions atmosphériques de neige. Dans le cas des accidents qui se sont produits avec éclairage public, la gravité moyenne est de 1,24 et dans le cas des accidents qui se sont produits sans éclairage public, la gravité moyenne est de 1,28.

	conclusion
test-t	
égalité var	✓
égalité moy	✓
wilcoxon	
égalité moy	✓
test à un critère	
égalité moy	✓
levane	
égalité var	✓
kruskal-wallis	
normalité	✓

TABLE 6.12 – Résultats des tests ANOVA dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic faible et qui se sont produits dans des conditions atmosphériques de neige - éclairage/gravité

Trafic faible et conditions atmosphériques normales

Le nombre d'accidents appartenant à cette catégorie étant relativement grand (9 422), un resampling est nécessaire. Nous prendrons donc dix échantillons de 385 accidents choisis aléatoirement.

éclairage	éch1	éch2	éch3	éch4	éch5	éch6	éch7	éch8	éch9	éch10
avec	322	316	333	316	337	313	344	320	325	327
sans	63	69	52	69	48	72	41	65	60	588

TABLE 6.13 – Description des échantillons

Les résultats des différents tests sont repris dans le tableau 6.14. Dans ce cas-ci, la conclusion est plus délicate. En effet, pour deux échantillons, on rejette fortement l'hypothèse d'égalité des moyennes et des variances. On peut donc soit conclure que ce sont des échantillons extrêmes, soit que la gravité peut différer selon que l'accident se soit produit avec ou sans éclairage, dans cette classe d'accidents.

	éch1	éch2	éch3	éch4	éch5	éch6	éch7	éch8	éch9	éch10	conclusion
test-t											
égalité var	✓	×	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	×	✓×
égalité moy	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓
wilcoxon											
égalité moy	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓×
test à un critère											
égalité moy	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓×
levane											
égalité var	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓
kruskal-wallis											
normalité	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓×

TABLE 6.14 – Résultats des tests ANOVA dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic faible et qui se sont produits dans des conditions atmosphériques normales - éclairage/gravité

Dans le cas des accidents qui se sont produits avec éclairage public, la gravité moyenne est de 1,30 et dans le cas des accidents qui se sont produits sans éclairage public, la gravité moyenne est de 1,43. Cela veut donc dire que l'éclairage réduit la gravité d'environ 10% :

$$1 - \frac{1,3}{1,43} \simeq 0,09$$

On constate également sur les boîtes à moustaches de la figure 6.13 que dans le cas des accidents qui se sont produits avec l'éclairage public allumé, 75% des accidents ont une gravité égale à un, c'est-à-dire sont des accidents avec uniquement des blessés légers. Dans le cas des accidents qui se sont produits sans éclairage public, cette proportion n'est que de 65%. On pourrait donc faire l'hypothèse que pour les accidents qui se produisent de nuit, dans des conditions atmosphériques normales et sur des routes ayant un trafic faible, la gravité de l'accident est plus grande lorsqu'il n'y a pas d'éclairage public.

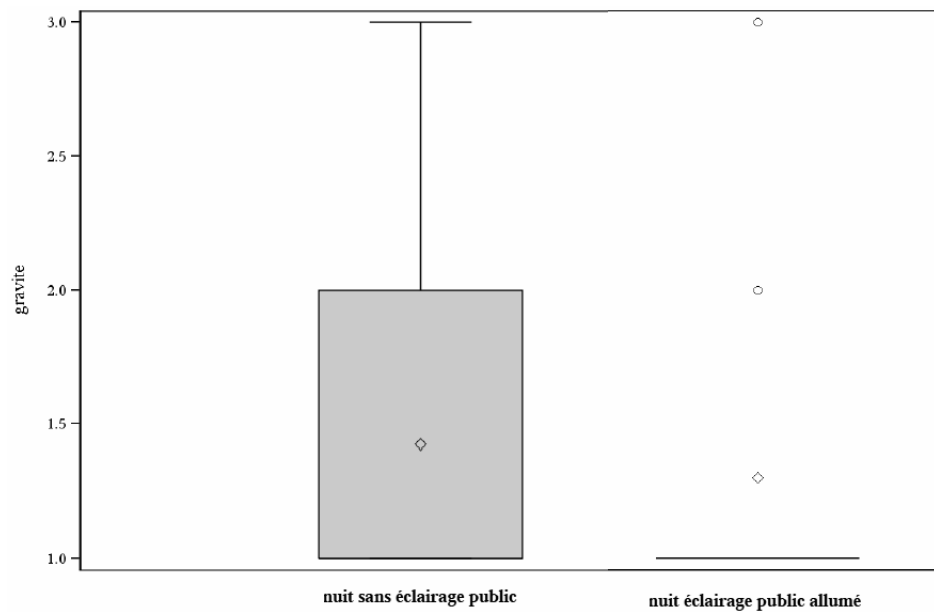


FIGURE 6.13 – Boîtes à moustaches de la gravité dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic faible et qui se sont produits dans des conditions atmosphériques normales

Trafic faible et pluie

Le nombre d'accidents appartenant à cette catégorie étant relativement grand (2 539), un resampling est nécessaire. Nous prendrons donc dix échantillons de 385 accidents choisis aléatoirement.

éclairage	éch1	éch2	éch3	éch4	éch5	éch6	éch7	éch8	éch9	éch10
avec	330	328	336	332	329	318	329	326	321	330
sans	55	57	49	53	56	67	56	59	64	55

TABLE 6.15 – Description des échantillons

Les résultats des différents tests sont repris dans le tableau 6.16. Nous pouvons conclure que la gravité ne diffère pas en moyenne selon que l'accident se soit produit de nuit avec ou sans éclairage public dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic faible et qui se sont produits dans des conditions atmosphériques de pluie.

test-t	éch1	éch2	éch3	éch4	éch5	éch6	éch7	éch8	éch9	éch10	conclusion
égalité var	× ×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
égalité moy	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
wilcoxon											
égalité moy	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
test à un critère											
égalité moy	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
levene											
égalité var	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
kruskal-wallis											
normalité	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

TABLE 6.16 – Résultats des tests ANOVA dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic faible et qui se sont produits dans des conditions atmosphériques de pluie - éclairage/gravité

Trafic moyen et conditions atmosphériques normales

Le nombre d'accidents appartenant à cette catégorie étant relativement grand (2 777), un resampling est nécessaire. Nous prendrons donc dix échantillons de 385 accidents choisis aléatoirement.

éclairage	éch1	éch2	éch3	éch4	éch5	éch6	éch7	éch8	éch9	éch10
avec	312	314	298	301	324	309	319	310	300	313
sans	73	71	87	84	61	76	66	75	85	72

TABLE 6.17 – Description des échantillons

Les résultats des différents tests sont repris dans le tableau 6.18. Nous pouvons conclure que la gravité ne diffère pas en moyenne selon que l'accident se soit produit de nuit avec ou sans éclairage public dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic moyen et qui se sont produits dans des conditions atmosphériques normales.

6.4. ANOVA PAR CLASSE DE TRAFIC ET CONDITION ATMOSPH.67

	éch1	éch2	éch3	éch4	éch5	éch6	éch7	éch8	éch9	éch10	conclusion
test-t											
égalité var	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
égalité moy	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
wilcoxon											
égalité moy	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
test à un critère											
égalité moy	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
levене											
égalité var	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
kruskall-wallis											
normalité	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

TABLE 6.18 – Résultats des tests ANOVA dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic moyen et qui se sont produits dans des conditions atmosphériques normales - éclairage/gravité

Trafic moyen et pluie

Le nombre d'accidents appartenant à cette catégorie étant relativement petit (508 accidents), un resampling n'est pas nécessaire. Ceux-ci se répartissent en 441 accidents avec éclairage public allumé et 67 sans éclairage public. Les résultats des différents tests sont repris dans le tableau 6.19.

Nous pouvons en conclure que la gravité ne diffère pas en moyenne selon que l'accident se soit produit de nuit avec ou sans éclairage public dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic moyen et qui se sont produits dans des conditions atmosphériques de pluie. Dans le cas des accidents qui se sont produits avec éclairage public, la gravité moyenne est de 1,32 et dans le cas des accidents qui se sont produits sans éclairage public, la gravité moyenne est de 1,37.

	conclusion
test-t	
égalité var	✓
égalité moy	✓
wilcoxon	
égalité moy	✓
test à un critère	
égalité moy	✓
levane	
égalité var	✓
kruskal-wallis	
normalité	✓

TABLE 6.19 – Résultats des tests ANOVA dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic moyen et qui se sont produits dans des conditions atmosphériques de pluie - éclairage/gravité

Trafic élevé et conditions atmosphériques normales

Le nombre d'accidents appartenant à cette catégorie étant relativement grand (1 763), un resampling est nécessaire. Nous prendrons donc dix échantillons de 385 accidents choisis aléatoirement.

éclairage	éch1	éch2	éch3	éch4	éch5	éch6	éch7	éch8	éch9	éch10
avec	335	339	337	343	343	342	334	338	329	332
sans	50	46	48	42	42	43	51	47	56	53

TABLE 6.20 – Description des échantillons

Les résultats des différents tests sont repris dans le tableau 6.21. Nous pouvons en conclure que la gravité ne diffère pas en moyenne selon que l'accident se soit produit de nuit avec ou sans éclairage public dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic élevé et qui se sont produits dans des conditions atmosphériques normales.

6.4. ANOVA PAR CLASSE DE TRAFIC ET CONDITION ATMOSPH.69

	éch1	éch2	éch3	éch4	éch5	éch6	éch7	éch8	éch9	éch10	conclusion
test-t											
égalité var	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓
égalité moy	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
wilcoxon											
égalité moy	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
test à un critère											
égalité moy	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
levене											
égalité var	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
kruskal-wallis											
normalité	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

TABLE 6.21 – Résultats des tests ANOVA dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic élevé et qui se sont produits dans des conditions atmosphériques normales - éclairage/gravité

Trafic élevé et pluie

Le nombre d'accidents appartenant à cette catégorie étant relativement petit (334 accidents), un resampling n'est pas nécessaire. Ceux-ci se répartissent en 313 accidents avec éclairage public allumé et 21 sans éclairage public. Les résultats des différents tests sont repris dans le tableau 6.22.

Nous pouvons en conclure que la gravité ne diffère pas en moyenne selon que l'accident se soit produit de nuit avec ou sans éclairage public dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic élevé et qui se sont produits dans des conditions atmosphériques de pluie. Dans le cas des accidents qui se sont produits avec éclairage public, la gravité moyenne est de 1,31 et dans le cas des accidents qui se sont produits sans éclairage public, la gravité moyenne est de 1,33.

	conclusion
test-t	
égalité var	✓
égalité moy	✓
wilcoxon	
égalité moy	✓
test à un critère	
égalité moy	✓
levane	
égalité var	✓
kruskal-wallis	
normalité	✓

TABLE 6.22 – Résultats des tests ANOVA dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic élevé et qui se sont produits dans des conditions atmosphériques de pluie - éclairage/gravité

Conclusions

Après avoir fait toutes ces ANOVA, nous remarquons que la seule classe dans laquelle l'hypothèse H_0 a été rejetée est la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic faible et dans des conditions atmosphériques normales. C'est cependant la classe la plus importante puisqu'elle représente 9 422 accidents sur les 18 989 accidents de départ, soit quasiment la moitié.

Dans toutes les autres classes, on constate généralement que la présence d'éclairage n'influence pas la gravité d'un accident. Un biais de l'analyse est cependant possible. En effet, il faut rappeler que la variable *gravité* est une variable discrète à uniquement trois modalités. De plus, on sait que, dans l'échantillon de départ, plus de 80% des accidents ont une gravité égale à un (c'est-à-dire uniquement des blessés légers). Il est donc normal que les gravités moyennes des deux catégories d'accidents (éclairés et non éclairés) soient très proches.

Regardons si les résultats diffèrent en utilisant une autre définition de la gravité. Nous allons définir la gravité comme le coût associé aux accidents,

6.4. ANOVA PAR CLASSE DE TRAFIC ET CONDITION ATMOSPH.71

en euro (voir chapitre 7), c'est-à-dire :

$$\text{gravité} = \begin{cases} 5\,752 & \text{pour les accidents avec blessés légers} \\ 143\,787 & \text{pour les accidents avec blessés graves} \\ 1\,342\,072 & \text{pour les accidents avec tués} \end{cases}$$

Nous allons ensuite refaire les trois ANOVA précédentes qui ne nécessitaient pas de resampling, c'est-à-dire celle dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic faible et dans des conditions atmosphériques de neige (voir tableau 6.12), celle dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic moyen et dans des conditions atmosphériques de pluie (voir tableau 6.19) et celle dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic élevé et dans des conditions atmosphériques de pluie (voir tableau 6.22).

	trafic faible et neige	trafic moyen et pluie	trafic élevé et pluie
test-t			
égalité var	×	✓	✓
égalité moy	✓	✓	✓
wilcoxon			
égalité moy	✓	✓	✓
test à un critère			
égalité moy	✓	✓	✓
levane			
égalité var	✓	✓	✓
kruskal-wallis			
normalité	✓	✓	✓

TABLE 6.23 – Résultats des tests ANOVA avec une nouvelle définition de la gravité - éclairage/gravité

Les conclusions ne semblent donc pas être influencées par l'échelle de départ, lorsque la gravité est comprise entre un et trois. Nous pouvons donc en conclure que notre définition de la variable *gravité* n'a pas introduit de biais évident dans l'analyse.

Chapitre 7

Analyse économique

Le but de ce chapitre est d'estimer, d'une part, le coût des accidents et d'autre part le coût de l'éclairage afin de pouvoir établir la balance économique de l'éclairage public.

7.1 Coûts des accidents

Il faut différencier les différents coûts intervenant dans cette section, c'est-à-dire les coûts matériels de l'accident, les coûts pour une personne tuée, pour un blessé grave ou pour un blessé léger.

Dans son bilan de l'accidentalité pour l'année 2012, l'Observatoire National Interministériel de la Sécurité Routière [23] chiffre, en France, ces différents coûts à :

- 1 342 072 € pour une personne tuée
- 143 787 € pour un blessé grave (hospitalisé plus de 24 heures)
- 5 752 € pour un blessé léger
- 6 778 € pour les dégâts matériels

N'ayant pas pu trouver la valeur de ces différents coûts pour la Belgique, nous avons décidé de garder ces chiffres et de les appliquer à notre pays.

En 2012, on recensait 12 260 accidents de la route en Wallonie. Ceux-ci ont entraîné 16 959 victimes dont 349 personnes décédées, 1 455 personnes grièvement blessées et 15 155 personnes légèrement blessées [32]. Au niveau des coûts, on obtient donc le tableau suivant :

coûts tués	=	349	×	1 342 072	€	=	468 383 128	€
+ coûts blessés graves	=	1 455	×	143 787	€	=	209 210 085	€
+ coûts blessés légers	=	15 155	×	5 752	€	=	87 171 560	€
+ coûts accidents	=	12 260	×	6 778	€	=	83 098 280	€
coûts totaux						=	847 863 053	€

TABLE 7.1 – Répartition des coûts des accidents déclarés pour l’année 2012 pour la Wallonie

Rappelons qu’il faut faire attention à la qualité de ces chiffres. En effet, ceux-ci sont sous-estimés (voir sous-section 3.1). Citons [22] : « Les données relatives aux tués sont les données les plus fiables et les plus stables. En effet, il est plus que probable qu’un accident mortel fasse l’objet d’une intervention de la police ou du parquet. Par contre, les données relatives aux blessés légers sont très probablement sous-estimées, notamment en ce qui concerne les usagers faibles (piétons et cyclistes). Des études belges et internationales évaluent ainsi le taux d’enregistrement par la police à 90% pour les accidents mortels (les données des parquets nous permettent cependant d’améliorer ces résultats). Pour les victimes hospitalisées, il se situe aux alentours de 50% et atteint moins de 20% pour les personnes très légèrement blessées (non hospitalisées) ».

En tenant compte de ces facteurs, on obtient donc les chiffres suivants :

				847 863 053 €	
+	468 383 128 €	$\times \left(\frac{10}{90}\right)$	\simeq	52 042 570 €	(pour les tués)
+	209 210 085 €	$\times \left(\frac{50}{50}\right)$	$=$	209 210 085 €	(pour les blessés graves)
+	87 171 560 €	$\times \left(\frac{80}{20}\right)$	\simeq	348 686 240 €	(pour les blessés légers)
	coûts totaux		$=$	1 457 801 948 €	

TABLE 7.2 – Coûts des accidents en Wallonie pour l’année 2012 en tenant compte du sous-enregistrement

Les accidents de la route en 2012 (en tenant compte du sous-enregistrement) ont donc engendré un coût total de 1 457 801 948€.

7.2 Coûts de l'éclairage

Il faut également différencier les différents coûts intervenant dans cette section, c'est-à-dire les coûts d'installation, les coûts de maintenance et d'entretien et pour finir les coûts en termes de consommation d'énergie.

Depuis 2009, les infrastructures routières, en Région wallonne, sont gérées par la *SOFICO* pour le réseau structurant (c'est-à-dire principalement des autoroutes et des nationales à 2x2 bandes).

Grâce au *SPW*, nous avons pu obtenir les coûts de l'éclairage pour le réseau structurant en Wallonie. Nous négligerons les coûts liés aux routes provinciales et communales pour deux raisons : d'une part, très peu d'informations sur celles-ci sont disponibles et d'autre part, on peut considérer que ces coûts sont négligeables par rapport à ceux du réseau structurant (beaucoup moins d'éclairage et d'entretien).

Les coûts se répartissent de la façon suivante dans le scénario actuel de gestion de l'éclairage :

Budget	Coûts (€)
Investissement	3 309 250
Maintenance	7 000 720
Énergie	9 000 000
Total	19 309 970

TABLE 7.3 – Répartition des coûts annuel de l'éclairage pour la Wallonie

L'éclairage a donc un coût total actuel de 19 309 970 €.

7.3 Balance économique

Grâce à la section 7.1, on sait maintenant que le coût des accidents s'élève à 1 457 801 948 €. Les coûts de l'éclairage, calculés dans la section 7.2, représentent 19 309 970 €.

Notons x le pourcentage d'accidents évités grâce à l'éclairage. L'éclairage est avantageux, d'un point de vue économique, si le gain au niveau du coûts

des accidents est suffisant pour compenser les coûts liés à l'éclairage c'est-à-dire

$$\Leftrightarrow 1\,457\,801\,948x = 19\,309\,970$$

$$\Leftrightarrow x = \frac{19\,309\,970}{1\,457\,801\,948}$$

$$\Leftrightarrow x \simeq 0.0132$$

On peut donc en conclure qu'à partir du moment où l'éclairage évite 1,35% des accidents, il est avantageux d'un point de vue économique. En sachant qu'il y a eu 44 193 accidents en 2012, cela représente un peu moins de 600 accidents. Ce chiffre étant très faible, l'éclairage a de forte chance d'être positif économiquement parlant.

Chapitre 8

Conclusion

Ce mémoire est divisé en trois parties principales : un travail sur les données, une partie plus statistique et une partie plus économique.

Le premier gros travail de ce mémoire a été de se familiariser avec les données. En effet, une fois que celles-ci nous ont été fournies, il a fallu apprendre à les « manipuler ». Nous les avons ensuite mise en forme, notamment par un passage du numérique vers l’alphanumérique, et nettoyées en enlevant les enregistrements d’accidents qui manquaient de cohérence. Nous avons également ajouté et adapté certaines variables.

Dans la seconde partie, nous avons pu faire plusieurs tests sur nos données. La première conclusion, obtenue grâce aux tests de proportions, est que l’éclairage semble bénéfique sur les autoroutes puisque le nombre d’accidents qui s’y produisent est plus faible qu’il ne devrait l’être. L’inverse peut être observé sur les rings et les nationales. Quelques hypothèses peuvent être émises (faux sentiment de sécurité, routes plus accidentogènes,...) mais ne peuvent malheureusement être vérifiées, faute de données suffisantes. Par la suite, nous avons effectué plusieurs analyses de la variance. La première, dont le but était de vérifier que la gravité moyenne ne différait pas selon que l’accident se soit produit le jour ou la nuit, fût concluante. La deuxième avait pour but de vérifier que la gravité moyenne ne différait pas selon que l’accident se soit produit de nuit avec ou sans éclairage. Pour cela, nous avons du créer des classes de routes dont le trafic journalier moyen est similaire. Nous avons ainsi pu regrouper les accidents qui se sont produits dans des conditions atmosphériques et de trafic semblables. Après avoir effectué une ANOVA par catégorie, nous pouvons conclure que la seule classe dans

laquelle l'hypothèse d'égalité des moyennes est rejetée est la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic faible et dans des conditions atmosphériques normales. Nous devons cependant remarquer que celle-ci est la classe la plus importante puisqu'elle représente environ la moitié des accidents dont le trafic journalier moyen est connu. Dans toutes les autres classes, la gravité moyenne ne semble pas différer que l'accident se soit produit de nuit avec ou sans éclairage.

Dans la dernière partie du mémoire, nous avons pu conclure qu'à partir du moment où l'éclairage évite 1,35% des accidents, il est avantageux d'un point de vue économique. Ce différentiel était très faible, il y a donc de fortes chances que cela soit le cas.

Tout au long du mémoire, nous avons été confrontés à de nombreuses limitations au niveau des informations disponibles. Par exemple, les accidents qui se sont produits sur les routes communales n'ont pu être exploités car, aussi bien au niveau des coûts qu'au niveau des kilomètres de voiries, nous n'avons pu obtenir d'informations. Nous avons également dû mettre de côté de nombreux accidents lors de l'ANOVA éclairage - gravité car le trafic moyen journalier de beaucoup de routes n'est pas connu. Nous avons également dû nous adapter. En effet, la variable *nuit2* nous semblait plus cohérente avec la variable *lum* que la variable *nuit1* mais c'est cette dernière qui est le plus souvent utilisée en pratique, pour le comptage du trafic par exemple. Nous n'avons pas non plus pu expliquer les causes réelles des accidents qui se sont produits. Pour cela, nous aurions eu besoin d'une base de données qui ne comporte pas uniquement des accidents, afin de pouvoir comparer les situations où un accident s'est produit et celles où il n'y a pas eu d'accident. Ce mémoire ouvre donc beaucoup de pistes et laisse de nombreuses perspectives si ces informations ou données s'avéraient disponibles dans le futur.

Chapitre 9

Glossaire

Voici différentes notions et abréviations utilisées tout au long de ce mémoire ainsi que leurs définitions ou significations correspondantes.

Définitions concernant l'éclairage

- La **photométrie** est la science qui étudie le rayonnement lumineux perçu par l'œil humain.

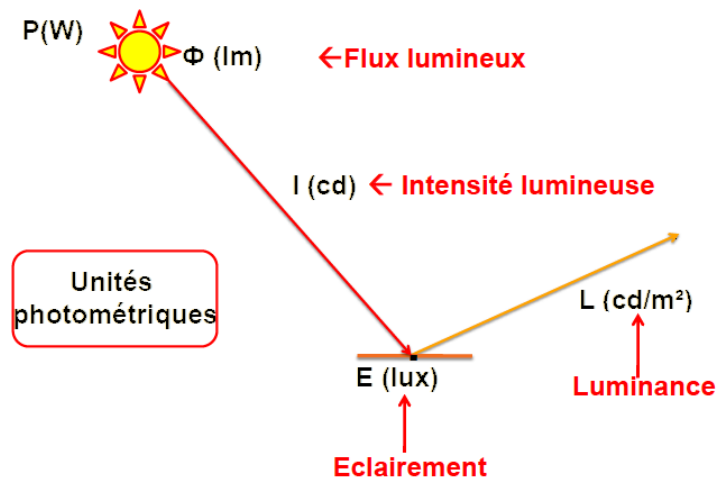


FIGURE 9.1 – Représentation des différentes unités photométriques [28]

- Le **flux lumineux** correspond à la puissance émise par une source en

photométrie. Il est mesuré en lumen.

- L'**efficacité lumineuse** est le rapport entre le flux lumineux et le flux énergétique. Elle est mesurée en $\frac{\text{lumen}}{\text{watt}}$.
- Le **stéradian** est l'unité d'angle solide (symbole sr) équivalant à l'angle solide qui, ayant son sommet au centre d'une sphère, découpe sur la surface de cette sphère une aire équivalente à celle d'un carré dont le côté est égal au rayon de la sphère.¹

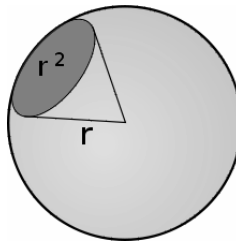


FIGURE 9.2 – Représentation d'un angle solide valant un stéradian [45]

- L'**intensité lumineuse** est le flux lumineux émis par unité d'angle solide dans une direction donnée. C'est la lumière perçue par l'œil humain. Celle-ci est mesurée en candela (cd) où

$$1 \text{ cd} = \frac{1 \text{ lumen}}{1 \text{ stéradian}}$$

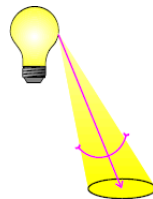


FIGURE 9.3 – Représentation de l'intensité lumineuse [28]

- Le **dimming** est un processus mis en place afin de modifier la puissance d'une source. Celui-ci peut être fait en fonction des mouvements, des heures, du niveau de lumière,... *Exemple* : on diminue la puissance de 50% entre 00h00 et 06h00.

1. Définition du stéradian dans le dictionnaire Larousse

Définitions concernant les données et leurs analyse

- Un **blessé grave** est une personne ayant été blessée lors d'un accident et nécessitant plus de 24h d'hospitalisation mais n'étant pas décédée dans les 30 jours suivant l'accident.
- Un **blessé léger** est une personne ayant été blessée lors d'un accident ne nécessitant pas d'hospitalisation, ou pendant moins de 24h, et n'étant pas décédée dans les 30 jours suivants l'accident.
- Un **décédé 30 jours** est une personne ayant été tuée lors d'un accident ou étant décédée dans les 30 jours suivants celui-ci.
- Le **jour** est défini, par l'IBSR, comme la période entre 6h00 et 21h59 [3].
- La **nuit** est donc définie, par l'IBSR, comme la période entre 22h00 et 5h59 [3].
- Le **ratio nuit-jour** est défini comme le rapport entre le nombre d'accidents se produisant la nuit et le nombre d'accidents se produisant le jour.

$$\text{ratio nuit-jour} = \frac{\text{taux d'accidents}_{\text{nuit}}}{\text{taux d'accidents}_{\text{jour}}}$$

où

$$\text{taux d'accidents}_{\text{nuit}} = \frac{\text{nombre d'accidents se produisant la nuit}}{\text{volume moyen du trafic la nuit} \cdot \text{longueur du segment}}$$

$$\text{taux d'accidents}_{\text{jour}} = \frac{\text{nombre d'accidents se produisant le jour}}{\text{volume moyen du trafic le jour} \cdot \text{longueur du segment}}$$

Abréviations

- AFE = Association Française de l'Éclairage
- CIE = Commission Internationale de l'Éclairage
- DGSIE = Direction Générale Statistique et Information Economique
- IBSR = Institut Belge de la Sécurité Routière
- LED = Diode Électro-luminescente
- SOFICO = Société wallonne de Financement complémentaire des Infrastructures
- SPW = Service Public de Wallonie

Annexe A

Formulaire d'analyse des accidents de la circulation avec tués ou blessés (FAC)

21. DIVERS

Pensez-vous que l'accident (ou la gravité des conséquences) est lié aux particularités suivantes ?
Entourez les mentions qui conviennent (max. 4 chiffres)

- l'accident fait suite à un autre accident

01

- aquaplaning

02

- éblouissement par le soleil

03

- proximité d'une école (si en cause !)

04

- proximité d'un centre récréatif (idem !)

05

- proximité d'un arrêt de transports en commun (idem !)

06

- automobiliste(s) ou passager(s) éjecté(s) du véh.

07

- conducteurs ou passagers ne portant pas la ceinture

08

- cyclo ou motard ne portant pas de casque

09

- petit enfant non installé dans un siège enfant

10

- le chargement d'un conducteur est tombé sur la chaussée

11

- avant la collision

12

- du fait de la collision

13

- un véhicule a pris feu (après la collision !)

14

Ajoutez éventuellement ici vos commentaires pouvant aider à la compréhension de l'accident :

PERSONNES IMPLIQUEES DANS L'ACCIDENT. S'il y a plus de 5 conducteurs, 5 passagers ou 3 autres victimes, utilisez un ou plusieurs formulaires supplémentaires. Complétez-y les rubriques 1, 24, 25, et 26 en désignant les conducteurs et piétons supplémentaires par les lettres, F,G,H etc. Nombre de formulaires supplémentaires

+

23. TOTAUX :

■ Nombre total de conducteurs et piétons impliqués (victimes + indemnes)

Le conducteur en délit de fuite est compté pour 1 conducteur indemne; le conducteur absent d'un véhicule en stationnement également.

■ Nombre total de tués

blessés graves

blessés légers

24. CONDUCTEURS ET PIETONS
(mentionnez les tués et blessés ainsi que les indemnes).

Genre d'usager	Test alcool	Etat 1 ou 2 codes	N° immatriculation	Pays d'immatr.	Age	Sexe	Conséquences	Nombre passagers (indemnes inclus)
Indiquer le code, cf. liste en bas de page	- non pratiqué ... 1	- normal ... 1	uniquement si plaque émise en Belgique. Laisser vide si vélo/cyclo		arrondir vers le bas	- M 1	- Tué 1	1
	- refusé par le conducteur ... 2	- ivresse manifeste ... 2				- F 2	- Blessé grave 2	
	- positif ... 3	- sous influence de médicaments/ drogues ... 3					- Blessé léger 3	
	- négatif ... 4	- malaise, fatigue ... 4					- Indemne 4	
	← si inconnu (par ex. délit de fuite), complétez par des 9,9,9. →							
Usager A								
Usager B								
Usager C								
Usager D								
Usager E								

25. PASSAGERS TUES OU BLESSES
(Ne pas mentionner les indemnes !)

	Place occupée	Age	Sexe	Conséquences
- à l'avant ... 1	arrondir vers le bas		- M 1	- Tué 1
- à l'arrière ... 2			- F 2	- Blessé grave 2
- inconnu ... 9				- Blessé léger 3
Passager de l'usager (complétez : A, B,...)				
Passager de l'usager				
Passager de l'usager				
Passager de l'usager				
Passager de l'usager				

26. AUTRES VICTIMES TUEES OU BLESSEES
Ni conducteurs, ni piétons, ni passagers !
Exemples - personne se trouvant dans un immeuble embouti
- le peintre tombé de l'échelle renversée dans l'accident

	Age	Sexe	Conséquences

CODES DES CONDUCTEURS ET PIETONS	tracteur agricole	09	bicyclette	18
voiture voyageurs	autobus	10	véhicule attelé	19
voiture mixte	trolleybus	11	personne handicapée en fauteuil roulant	20
minibus	autocar	12	piéton poussant un deux-roues	21
camionnette	motocyclette (ne dépassant pas 400 cc)	13	autre piéton	22
véhicule de camping	motocyclette (de plus de 400 cc)	14	cavalier	23
camion	cyclomoteur A (2 roues)	15	autre usager	24
tracteur + semi-remorque	cyclomoteur B (2 roues)	16	inconnu	99
tracteur seul	cyclomoteur à 3 ou 4 roues	17		

22. SI PRODUITS DANGEREUX

Si un des véhicules impliqués porte des plaques orange ou des étiquettes

- il s'agit de l'usager (A, B, C,...?)

- les plaques orange : sont vierges

portent les numéros suivants

1

2

- le véhicule est vide

- le véhicule est chargé (même partiellement) et les marchandises dangereuses se sont répandues lors de l'accident (par ex. : fuites, épandages,...)

- le véhicule est chargé et les marchandises ne se sont pas répandues lors de l'accident

1

2

3

3

FORMULAIRE D'ANALYSE DES ACCIDENTS DE LA CIRCULATION AVEC TUES OU BLESSES (FAC).

Ce formulaire doit être complété pour les accidents de circulation avec blessés ou tués qui se sont produits sur la voie publique. Il ne doit pas être complété pour les accidents qui se sont produits sur un terrain accessible au public (par ex. sur le parking d'un grand magasin) ni pour les accidents survenus lors de compétitions sportives. Les services de police sont priés de transmettre ce formulaire à leur Directeur Coordonnateur administratif (DirCo) excepté pour les Unités Provinciales de Circulation. Pour info, tél.: 02/548.62.96 (INS) ou 02/642.62.51 (DGS/DSB)

Pour chaque rubrique indiquez votre réponse en entourant le(s) chiffre(s) correspondant(s) comme ceci ou bien écrivez votre réponse en majuscules dans les cases prévues. Merci.

3

1. ACCIDENT CONSTATE PAR :

Police de

Poste de circulation de

Code unité : N° PV :

2. LIEU :

Commune de

en code INS :

3. MOMENT :

Date : Jour Mois Année Heure (arrondir vers le bas - ex. 19h50 = 19)

4. CARREFOUR / HORS CARREFOUR

Par "carrefour" il faut entendre :
- lieu de rencontre de deux ou plusieurs voies publiques (cf. code de la route)
- lieu de rencontre d'une voie publique et d'une voie accessible au public (desservant un grand magasin, une usine, etc...) lorsque ce lieu ressemble véritablement à un carrefour.
Dans ce cas, la voie accessible au public sera mentionnée en rub 5 ou 6 comme ceci : dénomination : XX, nom : en toutes lettres.

L'accident s'est produit :
■ A UN CARREFOUR
Inclure ici les accidents survenus à proximité et liés au carrefour.
Ex. : collision lors de la présélection de direction
collision avec une file de voitures arrêtées au STOP.
Dans ce cas complétez les deux rubriques 5 et 6, même si les usagers impliqués circulaient sur une seule route.
■ EN DEHORS D'UN CARREFOUR
Dans ce cas complétez la rubrique 5.

5. PREMIERE ROUTE

■ Si route numérotée :
Type
1 : autoroute lettre (A,B,N,R,P ou T) + numéro
2 : route régionale ou provinciale
borne km hm n° d'immeuble (1)
genre (2) vitesse max. autorisée (3) km/h.
■ Si voie publique non numérotée :
dénomination (4) nom (5)
n° d'immeuble
genre (2) vitesse max. autorisée (3) km/h.
(1) Pas nécessaire si les cases bornes km - hm sont remplies
(2) Genre de route (en dehors des carrefours)
1 = route à une seule chaussée
2 = route à chaussées séparées par une berme ou une barrière
(3) Vitesse max. autorisée : c'est-à-dire en vertu des signaux C43 ou de la règle générale
(4) Voir tableau ci-contre
(5) Ni prénoms, ni titres, ni initiales

6. DEUXIEME ROUTE DU CARREFOUR

■ Si route numérotée :
Type
1 : autoroute lettre (A,B,N,R,P ou T) + numéro
2 : route régionale ou provinciale
borne km hm n° d'immeuble (1)
genre (2) vitesse max. autorisée (3) km/h.
■ Si voie publique non numérotée :
dénomination (4) nom (5)
n° d'immeuble
genre (2) vitesse max. autorisée (3) km/h.
(4) Dénomination de route non numérotée

AV	avenue/boulevard	QU	quai
CH	chaussée	RP	rond-point
CE	chemin	RT	route
DR	drève	RU	rue
MA	marché	SQ	square
PL	place, plaine	XX	autres

7. REGULATION DE LA CIRCULATION AU COEUR DU CARREFOUR (uniquement si accident à un carrefour)

- agent qualifié

- signaux tricolores en fonctionnement

- signaux tricolores en panne ou clignotant orange (entourez également 4 ou 5)

- signaux B1 ou B5 (de"priorité")

- priorité de droite

1

2

3

4

5

V07002F1-4-97/2

8. DEROULEMENT DE L'ACCIDENT.

Pour un accident simple (une seule collision), complétez la colonne "1ère collision".

Si l'accident a donné lieu à plusieurs collisions (un conducteur ayant percuté successivement plusieurs usagers et/ou obstacles) décrivez ci-dessous les 2 ou max. 3 premières collisions, dans l'ordre chronologique si possible.

Pour votre facilité vous pouvez faire un croquis dans cet espace (pas obligatoire!).

	1 ère collision	2ème collision	3ème collision
A) Type de collision <i>Entourez la première mention qui convient :</i>			
■ entre conducteurs			
- en chaîne	1	1	1
(4 conducteurs ou +)			
- frontale	2	2	2
(ou en croisement)			
- par l'arrière	3	3	3
(ou en parallèle)			
- par le côté	4	4	4
■ avec un piéton (1)	5	5	5
■ un usager contre un obstacle (2) situé			
- sur la chaussée	6	6	6
- hors chaussée	7	7	7
■ un seul usager, pas d'obstacle	8	8	8
■ autre ou inconnu	9	9	9

B) Usagers et obstacles intervenant dans chaque collision :	usager A	usager <input type="checkbox"/>	usager <input type="checkbox"/>
■ Identifiez les usagers par les lettres A, B, C, etc.	contre	contre	contre
■ Identifiez les obstacles par leur code (cf. liste ci-dessous) que vous recopiez ici	usager	usager	usager
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	ou contre obstacle	ou contre obstacle	ou contre obstacle
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- (1) Piéton : appellation à prendre au sens large : le policier qui règle la circulation, l'ouvrier qui travaille, l'enfant qui joue (sauf s'il est cycliste), le conducteur sorti de son véhicule, la personne qui attend le bus, sont considérés comme piétons.
- (2) Obstacle : Les animaux en liberté ainsi que les véhicules sur rails sont considérés comme des "obstacles".

CODES DES OBSTACLES			
Animal en liberté	50	arbre	59
train	51	poteau d'éclairage	60
tram	52	autre poteau	61
objets), chargement versé	53	barrière sécurité (métal ou béton) franchie	62
conteneur	54	barrière sécurité (métal ou béton) non franchie	63
signalisation de chantier / travaux	55	mur - construction	64
lot directionnel, bordure	56	clôture	65
ralentisseur de trafic, dos d'âne,	57	fossé	66
trou, nid de poule, caniveau	57	autre obstacle	67
rail de tram	58	inconnu	99

9. CIRCONSTANCES ATMOSPHERIQUES

■ Normales	1
■ Particulières (maximum 2 chiffres)	
- pluie	2
- brouillard (visibilité de moins de 100 m)	3
- vent violent, rafales	4
- chutes de neige	5
- grêle	6
- autre (fumée épaisse,...)	7
■ Inconnues	9

10. LUMIERE

- jour	1
- aube - crépuscule	2
- nuit, éclairage public allumé	3
- nuit, sans éclairage public	4
- inconnu	9

11. ETAT DE LA CHAUSSEE

(maximum 2 chiffres)	
- sec	1
- humide, mouillé, flaques	2
- verglas, neige	3
- propre	4
- sale (sable, gravier, feuilles,...)	5
- inconnu	9

12. AGGLOMERATION (cf. signaux F1, F3)

- en agglomération	1
- hors agglomération	2

13. AUTRES CARACTERISTIQUES LOCALES

(maximum 2 chiffres)	
- chantier/travaux ayant une incidence sur la chaussée	1
- pont, viaduc	2
- tunnel	3
- passage à niveau (voie ferrée)	4
- rond-point	5
- aucune de ces mentions	9

Pour votre facilité complétez les rub. 14 à 18 pour un usager à la fois : d'abord pour l'usager A puis pour l'usager B

POSITION ET SENS DE DEPLACEMENT UNIQUEMENT DES USAGERS A ET B mentionnés en rub. 8 B

14. ROUTE SUR LAQUELLE IL CIRCULAIT	usager A	usager B
- 1ère route (cf. rub. 5)	1	1
- 2ème route (cf. rub. 6)	2	2
- autre (voie non mentionnée en rub. 5 ou 6)	3	3
- inconnu	9	9

Route sur laquelle il circulait :

Si carrefour comprenez : "route d'où l'usager venait " et indiquez en rub. 15 le sens de circulation sur cette route.

Si un piéton traversait, comprenez : "route que le piéton traversait" et indiquez en rub. 15 le code 3 "transversal".

15. SENS DU DEPLACEMENT	usager A	usager B
- positif	1	1
- négatif	2	2
- transversal	3	3
- pas d'application	4	4
- indéterminé	9	9

Sens du déplacement :

Comprenez : sur la route mentionnée en rub. 14

Sens positif = sens croissant des bornes km ou - à défaut de bornes - sens croissant des numéros d'immeubles.

Sens négatif = sens contraire.

Sens transversal = en traversant la route mentionnée en rub. 14

MOUVEMENT, DYNAMIQUE, FACTEURS

Si l'usager A ou B est un piéton, ne rien indiquer à son sujet dans les rub. 16 et 17

16. MOUVEMENT OU INTENTION DE L'USAGER

Pour chaque usager entourez un seul chiffre en face de la mention qui convient le mieux		
- poursuit sa route tout droit (ou en courbe) dans le bon sens	1	1
- roule à contresens	2	2
- perd contrôle et quitte la route vers la gauche	3	3
- perd contrôle et quitte la route vers la droite	4	4
- tourne ou se prépare à tourner à gauche (sauf*)	5	5
- tourne ou se prépare à tourner à droite (sauf*)	6	6
- décroche ou dépasse vers la gauche (sauf*)	7	7
- décroche ou dépasse vers la droite (sauf*)	8	8
- fait demi-tour (sauf*)	9	9
- fait marche arrière (sauf*)	10	10
- est en panne sur la route	11	11
* Mouvement lié à l'arrêt / stationnement :		
- est arrêté au bord de la route et ouvre la portière	12	12
- est arrêté au bord de la route la portière fermée	13	13
- prend ou quitte un stationnement	14	14
- entre ou sort d'un garage ou d'un autre lieu privé	15	15
- autre	16	16
- inconnu	99	99

17. DYNAMIQUE

Entourez un seul chiffre, comme à la rub. 16.		
- roule à vitesse ± constante	1	1
- freine en vue de s'arrêter	2	2
- démarre ou accélère	3	3
- est immobile	4	4
- inconnu	9	9

18. FACTEURS DE L'ACCIDENT

Sur base de votre constat et des témoignages, indiquez les facteurs qui, à votre avis, ont joué un rôle pour chaque usager (entourez max. 2 chiffres par sous-rubrique) Si aucun de ces facteurs n'est intervenu ou si les facteurs de l'accident sont inconnus, n'indiquez rien.

Usager

- franchit le feu rouge	1	1
- non respect de la priorité	2	2
- franchit la ligne blanche continue	3	3
- dépassement fautif	4	4
- effectue en extremis une manœuvre d'évitement (obstacle subit)	5	5
- place non réglementaire sur la chaussée	6	6
- perte de contrôle du véhicule	7	7
- non respect de la distance entre usagers	8	8
- chute	9	9

Véhicule et/ou remorque

- éclairage absent ou incorrect (feux avant/arrière)	1	1
- pneu(s) lisse(s)	2	2
- éclatement d'un pneu (avant l'accident !)	3	3
- défaillance de la remorque ou du chargement	4	4

Route/conditions de circulation

- mauvais état de la route ou de la piste cyclable (ornières, verglas, boue, inondation,...)	1
- signalisation défectueuse	2
- éclairage défectueux ou insuffisant	3
- travaux	4
- encombrement de la circulation, file, accident	5
- forte descente (7% ou +)	6
- virage serré	7
- entrave à la visibilité (relief, obstacle fixe, véh. immobile,...)	8

19. SI UN PIETON EST IMPLIQUE et mentionné en rub. 8 B

Si plusieurs piétons sont impliqués, complétez pour l'un d'entre eux seulement.

Le piéton en question est l'usager : ☐

(précisez, cf. rub. 8 B)

Position du piéton :

■ se trouve ou marche	
- sur un trottoir ou accotement	10
- sur une piste cyclable séparée de la chaussée	11
■ débarque d'un véhicule	20
■ marche sur la chaussée :	
- du côté droit (par rapport au sens de la marche)	30
- du côté gauche	31
■ traverse la chaussée	
- sur un passage pour piétons	
- réglé par feux rouge/vert pour piétons	40
- réglé par un policier ou un surveillant habilité	41
- non réglé	42
- à côté du passage (- 30 m)	
- réglé par feux rouge/vert pour piétons	43
- réglé par un policier ou un surveillant habilité	44
- non réglé	45
- pas de passage à moins de 30 m	46
■ est immobile sur la chaussée, travaille, joue	50
■ inconnu	99

Si le piéton traverse la chaussée :

- le piéton s'est engagé derrière un obstacle (ou un véh.) qui le masquait vis-à-vis du conducteur.	
oui	1
non	2
inconnu	9
- distance à parcourir entre endroits protégés (= trottoirs, ilots, bermes)	<input type="checkbox"/>

Approximativement, arrondir en mètres.

20. SI UN DEUX-ROUES LEGER EST IMPLIQUE : (= cycliste ou cyclomotoriste à deux roues mentionné en rub. 8 B).

Si plusieurs cyclistes/cyclomotoristes sont impliqués, complétez pour l'un d'entre eux seulement.

Le deux-roues dont question est l'usager : ☐

(précisez, cf. rub. 8 B)

Position du deux-roues léger :

- circule sur (ou débouche d') une piste cyclable séparée de la chaussée (par une bordure, berme, bande de stationnement,...)	1
- circule sur une piste cyclable marquée au sol, non séparée de la chaussée	2
- aucun de ces deux cas	3

Si le deux-roues circule sur (ou débouche d') une piste cyclable :

- la piste est unidirectionnelle c'est-à-dire à sens unique pour les deux-roues	1
- la piste est bidirectionnelle	
- et le deux-roues circule en sens "normal"	2
- et le deux-roues circule "à contresens"	3

Annexe B

Description des données

Comme expliqué dans la section 3.2, la base de données de départ comporte 41 variables. Celles-ci sont les suivantes :

- **num** : donne le numéro de l'accident
- **day** : donne le jour où s'est produit l'accident
('01LU'=lundi, '02MA'=mardi, '03ME'=mercredi, '04JE'=jeudi, '05VE'=vendredi, '06SA'=samedi, '06DI'=dimanche).
- **moment** : donne la date où s'est produit l'accident sous la forme jj/mm/aa
- **heure** : donne l'heure (arrondie vers le bas) à laquelle s'est produit l'accident
- **province** : donne la province dans laquelle s'est produit l'accident
('2'=Brabant-Wallon, '5'=Hainaut, '6'=Liège, '8'=Luxembourg, '9'=Namur)
- **lieu** : donne le lieu (ville/village) où s'est produit l'accident
- **agglo** : précise si l'accident s'est produit en agglomération
('1'=en agglomération, '2'=hors agglomération, '9'=inconnu)
- **carrefour** : précise si l'accident s'est produit dans un carrefour
('1'=dans un carrefour, '2'=hors carrefour)
- **genre1** : précise si l'accident s'est produit sur une chaussée à une ou deux bandes
('1'=route à une chaussée, '2'=route à deux chaussées séparées par une berne centrale)
- **nom1** : donne le nom de la route où l'accident s'est produit (rue pour les routes communales, numéro d'autoroutes, de nationales, de rings,...)
- **bk1** : donne le numéro de la borne kilométrique le plus proche du lieu de l'accident (uniquement en cas d'accident sur une route numérotée)

- **im1** : donne le numéro d'immeuble le plus proche du lieu de l'accident
- **vmax1** : donne la vitesse maximale autorisée sur la route où l'accident s'est produit
- **genre2** : si l'accident s'est produit dans un carrefour, précise si la deuxième route est une chaussée à une ou deux bandes
('1'=route à une chaussée, '2'=route à deux chaussées séparées par une berne centrale)
- **nom2** : si l'accident s'est produit dans un carrefour, donne le nom de la deuxième route où l'accident s'est produit (rue pour les routes communales, numéro d'autoroutes, de nationales, de rings,...)
- **bk2** : si l'accident s'est produit dans un carrefour, donne le numéro de la borne kilométrique le plus proche du lieu de l'accident sur la deuxième route (uniquement en cas d'accident sur une route numérotée)
- **im2** : si l'accident s'est produit dans un carrefour, donne le numéro d'immeuble le plus proche du lieu de l'accident sur la deuxième route
- **vmax2** : si l'accident s'est produit dans un carrefour, donne la vitesse maximale autorisée sur la deuxième route où l'accident s'est produit
- **atm** : donne les conditions atmosphériques au moment de l'accident. Cette variable est composée d'un ou deux caractères.
('1'=normales, '2'=pluie, '3'=brouillard, '4'=vent violent, rafales, '5'=chutes de neige, '6'=grêle, '7'=autre (fumée épaisse par exemple), '9'=inconnues)
- **ttue** : précise le nombre de tués engendrés par de l'accident (ou dans les 30 jours qui suivent celui-ci)
- **tgraves** : donne le nombre de blessés graves engendrés par l'accident
- **tleger** : donne le nombre de blessés légers engendrés par l'accident
- **alcohol** : donne le résultat du test d'alcoolémie
('1'=un des conducteurs impliqués était sous influence d'alcool, '0'=test non pratiqué ou négatif)
- **modifie** : précise si la fiche de l'accident a été modifiée (pour y ajouter un décédé 30 jours par exemple)
- **regul1** et **regul2** : si l'accident s'est produit dans un carrefour, précise comment la circulation est régulée dans celui-ci
('1'=agents qualifiés, '2'=signaux tricolores en fonctionnement, '3'=signaux tricolores en panne ou clignotant orange, '4'=signaux B1 (céder le passage) ou B5 (marquer l'arrêt et céder le passage), '5'=priorité de droite)
- **lum** : donne le type de lumière observée au moment de l'accident
('1'=jour, '2'=aube/crépuscule, '3'=nuit éclairage public allumé,

- '4'=nuit sans éclairage public, '9'=inconnu)
- **etatch1** et **etatch2** : donnent l'état de la chaussée
('1'=sec, '2'=humide, mouillé ou flaques, '3'=verglas ou neige, '4'=propre, '5'=sale (sable, gravier, feuilles,...), '9'=inconnu)
- **carloc1** et **carloc2** : donnent les caractéristiques locales de l'accident
('1'=chantier/travaux ayant une incidence sur la chaussée, '2'=pont, viaduc, '3'=tunnel, '4'=passage à niveau (voie ferrée), '5'=rond-point, '9'=aucune de ces mentions)
- **cause1**, **cause2**, **cause3** et **cause4** : donnent les causes de l'accident
('1'=l'accident fait suite à un autre accident, '2'=aquaplaning, '3'=éblouissement par le soleil, '4'=proximité d'une école (si en cause), '5'=proximité d'un centre récréatif (si en cause), '6'=proximité d'un arrêt de transports en commun (si en cause), '7'=automobiliste(s) ou passager(s) éjectés du véhicule, '8'=conducteurs ou passagers ne portant pas la ceinture, '9'=cyclo ou motard ne portant pas de casque, '10'=petit enfant non installé dans un siège enfant, '11'=le chargement d'un conducteur est tombé sur la chaussée (avant la collision), '12'=le chargement d'un conducteur est tombé sur la chaussée (du fait de la collision), '13'=un véhicule a pris feu après la collision, '14'=commentaires éventuels)
- **facrou1** et **facrou2** : donnent les facteurs de l'accident du point de vue de la route et des conditions de circulation
('1'=mauvais état de la route (ornières, verglas, boue, inondation,...), '2'=signalisation défectueuse, '3'=éclairage défectueux ou insuffisant, '4'=travaux, '5'=encombrement de la circulation, file, accident, '6'=forte descente (au moins 7%), '7'=virage serré, '8'=entrave à la visibilité (relief, obstacle fixe, véhicule immobile,...))
- **type_police** : donne le type de police intervenue
('P'=police, 'G'=gendarmerie)
- **codunit** : donne le code de l'unité de police intervenue
- **num_autor** : donne le numéro de l'auteur du formulaire
- **type_route** : donne le type de route où l'accident s'est produit
('1'=autoroute, '2'=route numérotée, '3'=route non numérotée)

À celles-ci nous avons ajouté 13 variables supplémentaires. Celles-ci sont les suivantes :

- **jour** : donne le jour où l'accident s'est produit (de 1 à 31)
- **mois** : donne le mois durant lequel s'est produit l'accident
('1'=Janvier, ..., '12'=Décembre)
- **année** : donne l'année durant laquelle s'est produit l'accident

- **nuit1** : précise si l'accident s'est produit de jour ou de nuit, selon la définition donnée par l'IBSR.
('0'=jour, '1'=nuit)
- **lever_soleil** : donne l'heure de lever du soleil le jour de l'accident
- **coucher_soleil** : donne l'heure de coucher du soleil le jour de l'accident
- **nuit2** : précise si l'accident s'est produit de jour ou de nuit, selon la deuxième définition utilisée.
('0'=jour, '1'=nuit)
- **diff_nuit** : compare les deux valeurs des variables *nuit1* et *nuit2*
('0'=pas de différence, '1'=différence)
- **wk** : précise si l'accident s'est produit le week-end ou la semaine, selon la définition donnée par l'IBSR.
('0'=semaine, '1'=week-end)
- **gravité** : donne la gravité (maximale) de l'accident
('1'=blessés légers, '2'=blessés graves, '3'=tués)
- **nom1_modifie** : donne le nom modifié de la route où l'accident s'est produit
- **long_route** : donne le nombre de chiffres suivant la lettre du nom de la route où l'accident s'est produit (uniquement en cas de route numérotée)
- **genre_route** : donne la première lettre du nom de la route où l'accident s'est produit (uniquement en cas de route numérotée)

Variable *jour*

On constate, sur la figure B.1, que les jours sont observés dans les mêmes proportions mis à part le 31^{ème} jour. Cela s'explique, bien entendu, par le fait que seul sept mois sur douze ont un 31^{ème} jour.

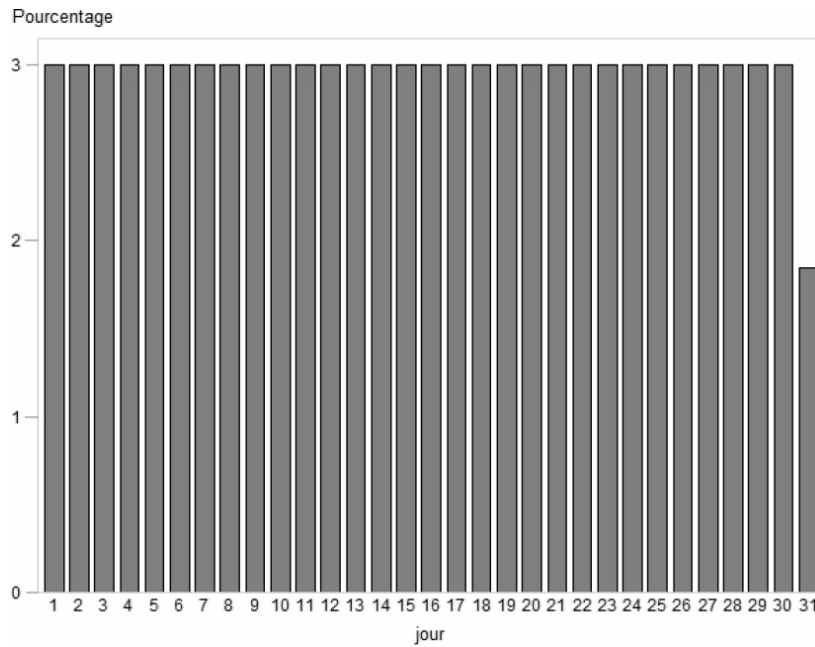
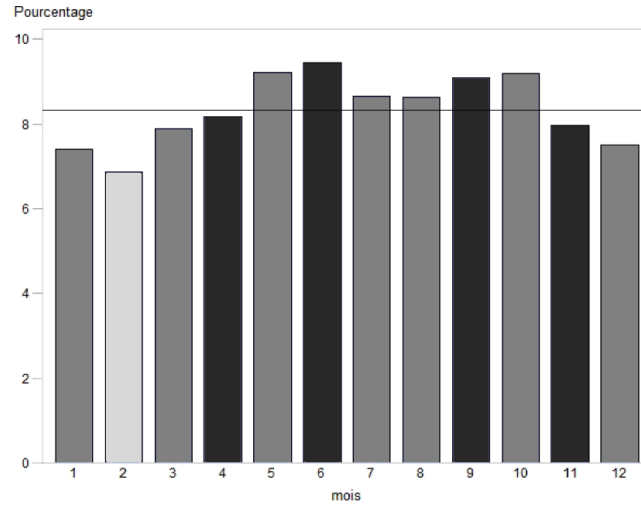


FIGURE B.1 – Répartition des accidents selon la variable *jour*

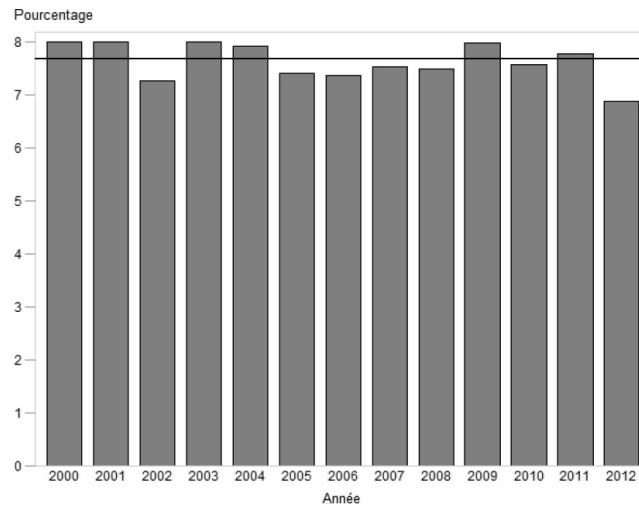
Variable *mois*

Sur la figure B.2, les mois en gris foncé sont ceux de 31 jours, ceux en noir sont les mois de 30 jours et celui en gris clair est le mois de février composé de 28 jours généralement (sauf lors des années bissextiles c'est-à-dire les années 2000, 2004, 2008 et 2012 dans nos données). Le pourcentage de chacun des mois devrait théoriquement être d'environ 8,33%. On peut donc noter, par exemple, la sous-représentation des mois de janvier, mars et décembre tandis que les mois de mai, juin, septembre et octobre sont sur-représentés.

FIGURE B.2 – Répartition des accidents selon la variable *mois*

Variable *année*

Sur la figure B.3, on constate que les années sont plus ou moins représentées de la même manière. On peut cependant noter, la sous-représentation des années 2002 et 2012. À contrario, on remarque la sur-représentation des années 2003 et 2009.

FIGURE B.3 – Répartition des accidents selon la variable *année*

Variable *day*

Le pourcentage de chacun des jours de la semaine devrait théoriquement être d'environ 14,3%. Sur la figure B.4, on constate que les jours en semaine sont nettement moins représentés que les jours du week-end. Cela peut s'expliquer par le fait que le week-end, le risque d'accident est beaucoup plus élevé que la semaine car les gens sortent plus facilement et consomment de l'alcool.

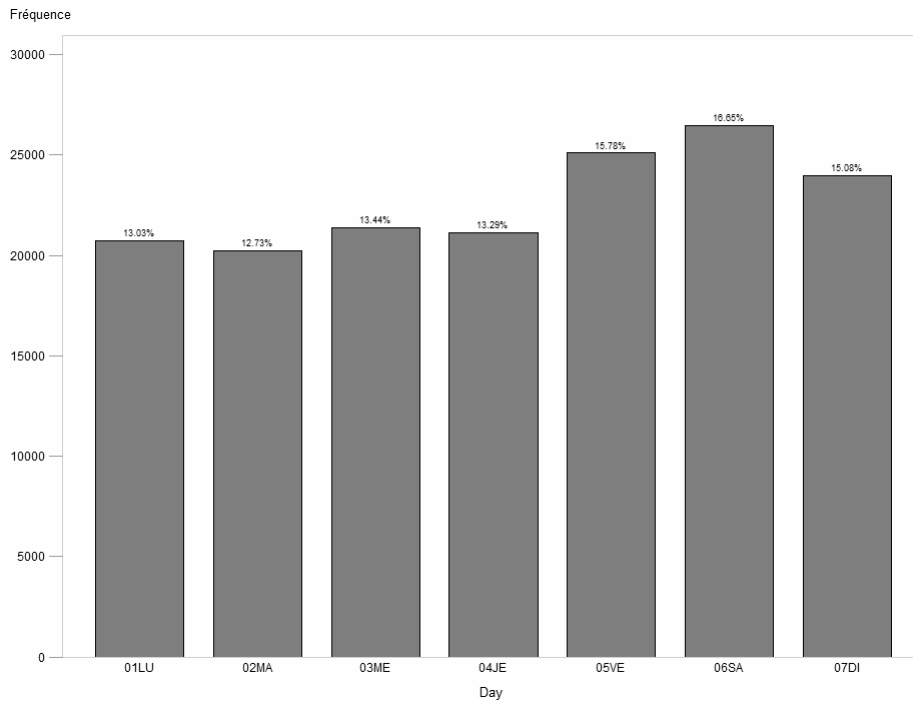
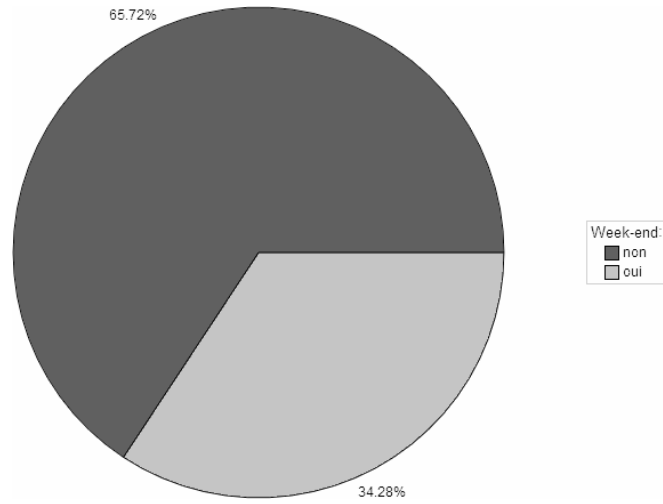
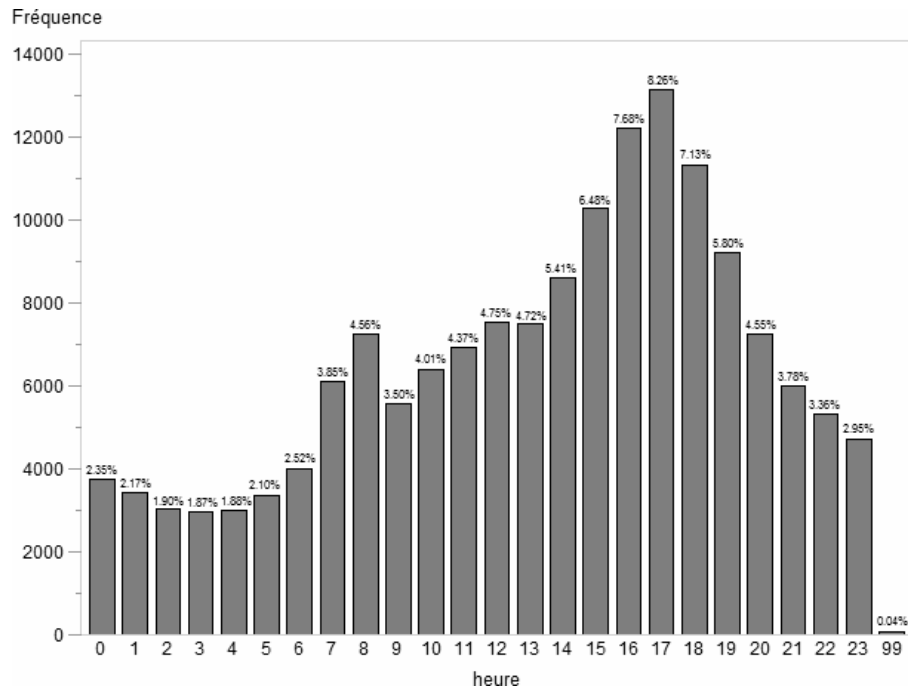


FIGURE B.4 – Répartition des accidents selon la variable *day*

Variable *wk*

Comme dit précédemment, le nombre d'accidents se produisant le week-end est plus élevé qu'il ne devrait l'être. Le week-end démarrant le vendredi à 22 heure et se terminant à 6 heure le lundi matin, il ne devrait représenter que $\frac{56}{168} = 33,33\%$. Le pourcentage sur la figure B.5 n'est pas aussi frappant que sur la figure précédente dû au faible taux d'accidents le lundi matin qui fait diminuer le pourcentage total.

FIGURE B.5 – Répartition des accidents selon la variable *wk*Variable *heure*FIGURE B.6 – Répartition des accidents selon la variable *heure*

On constate sur la figure B.6 que les heures d'accidents les plus fréquentes sont celles qui correspondent aux heures de pointe : entre 7 et 8h et de 16h à 18h.

Variables *nuit1* et *nuit2*

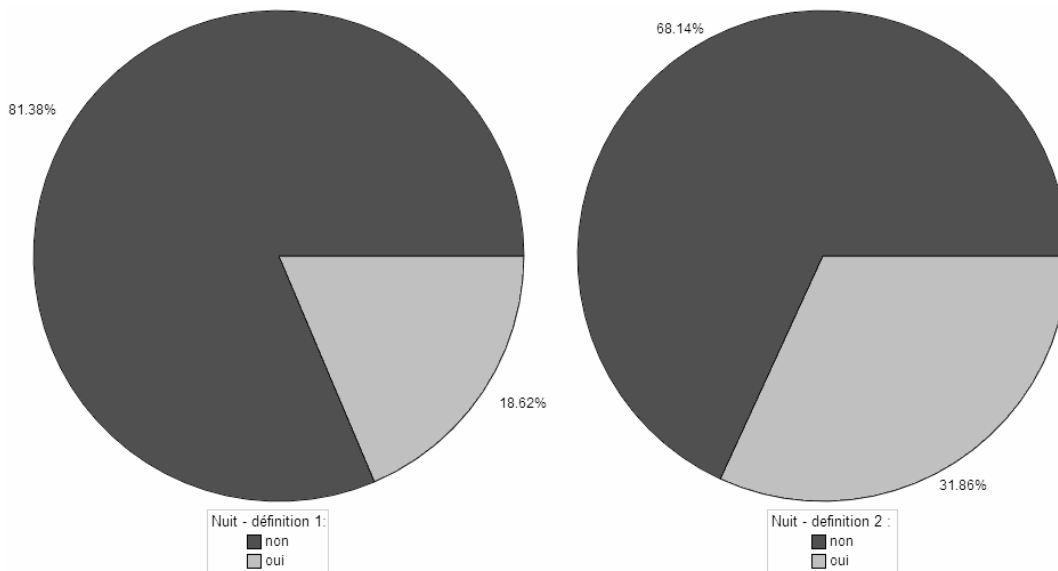
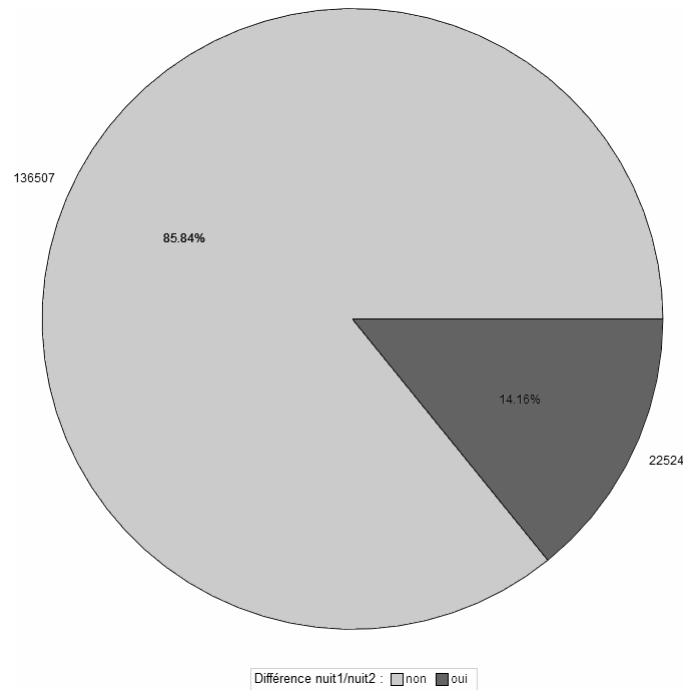


FIGURE B.7 – Répartition des accidents selon les variables *nuit1* et *nuit2*

Sur la figure B.7, on observe qu'il y a plus d'accidents qui se sont produits la nuit si on utilise la deuxième définition (période après le coucher et le lever du soleil le jour suivant) plutôt que la première (période entre 22h et 6h le jour suivant).

Variable *diff_nuit*

La figure B.8, nous indique que pour presque 15% des accidents, si on utilise la première ou la deuxième définition de nuit, le résultat sera différent.

FIGURE B.8 – Répartition des accidents selon la variable *diff***Variable *province***

La figure B.9, nous indique que la province où il y a le plus d'accidents est le Hainaut tandis que la province où il y a le moins d'accidents est le Brabant-Wallon.

Si on regarde les longueurs des réseaux routiers dans les différentes provinces, on obtient les chiffres suivants :

Liège	:	15 455,2	km	(27,3%)
Hainaut	:	14 294,8	km	(25,2%)
Namur	:	12 101,7	km	(21,4%)
Luxembourg	:	10 569,1	km	(18,7%)
Brabant-Wallon	:	4 179,4	km	(7,4%)

Mis à part les provinces du Hainaut et de Liège dont les places ont été inversées, l'ordre est cohérent avec ce que l'on devrait avoir théoriquement. On constate cependant que les provinces du Hainaut et de Liège semblent plus accidentogènes que celles de Namur et du Luxembourg puisque les effectifs observés sont fortement supérieurs à ceux prévus.

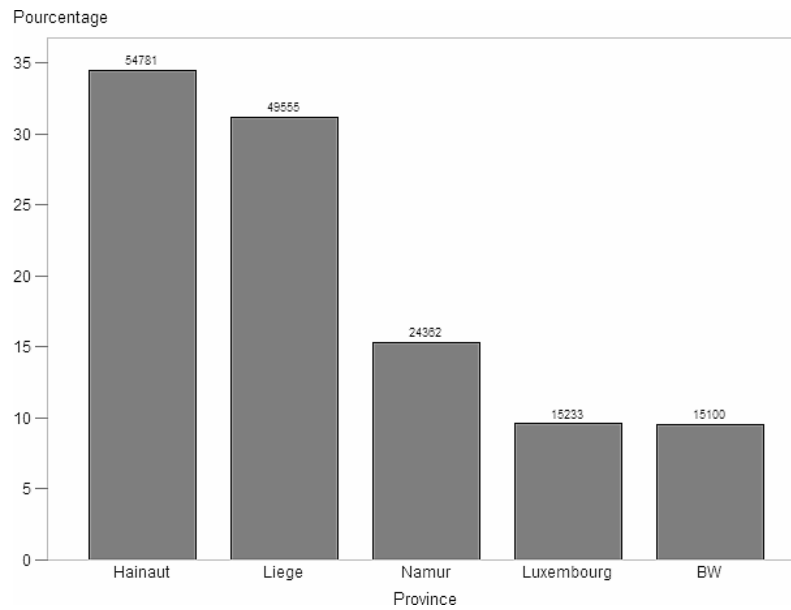


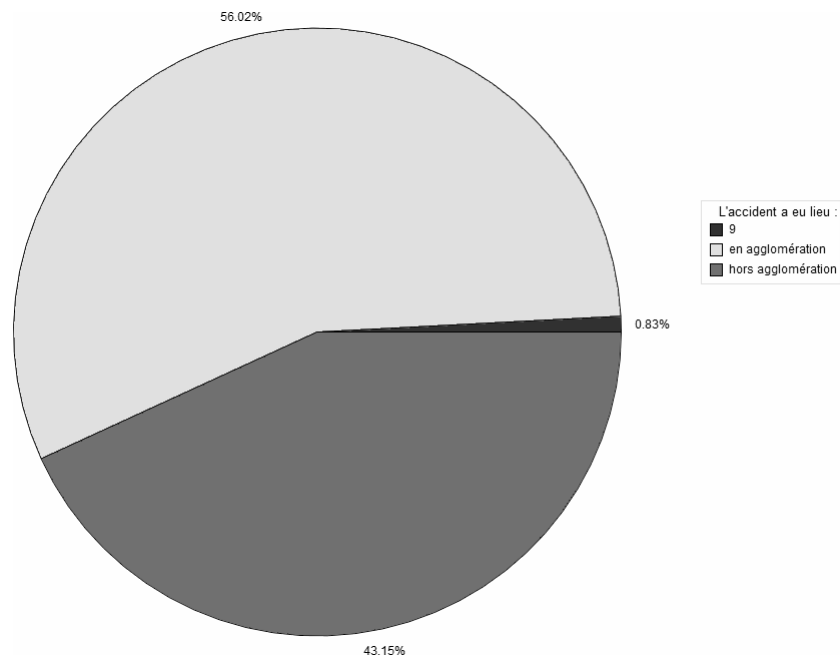
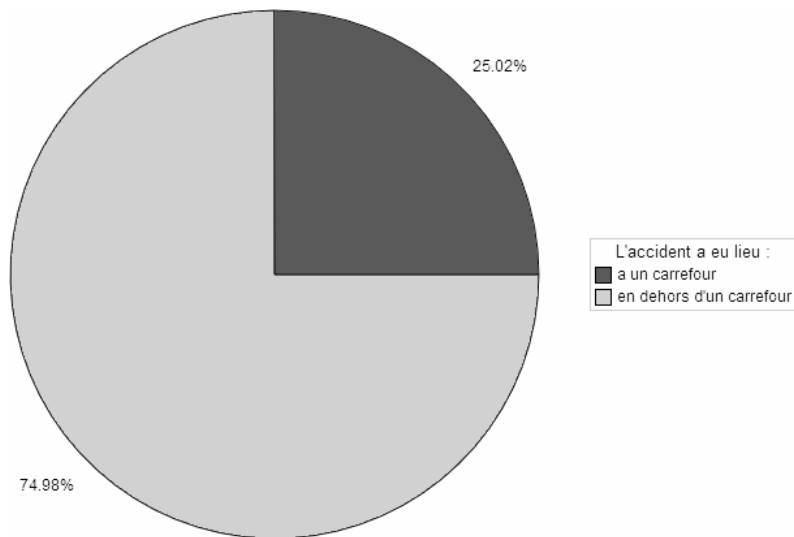
FIGURE B.9 – Répartition des accidents selon la variable *province*

Variable *aggllo*

Sur la figure B.10, on constate une des erreurs d'encodage du fichier de données. En effet, pour 1320 accidents, l'accident n'est ni encodé comme s'étant déroulé en agglomération ('1') ni hors agglomération ('2'). Mis à part cela, on peut observer que plus d'accidents se sont déroulés en agglomération qu'hors agglomération.

Variable *carrefour*

Sur la figure B.11, on constate qu'un quart des accidents a eu lieu à un carrefour.

FIGURE B.10 – Répartition des accidents selon la variable *agglomération*FIGURE B.11 – Répartition des accidents selon la variable *carrefour*

Variable *genre* (*genre1* et *genre2*)

Sur la figure B.12, on constate une autre erreur d'encodage du fichier de données. En effet, pour 214 accidents, l'accident n'est ni encodé comme s'étant déroulé sur une route à une seule chaussée ni sur une route à chaussées séparées. Hormis cette erreur, on observe qu'un peu plus de 80% des accidents se déroulent sur des routes à une seule chaussée. Si l'accident s'est produit dans un carrefour, la deuxième route est, dans 95% des cas, une route à une seule chaussée comme on le voit sur le deuxième diagramme circulaire.

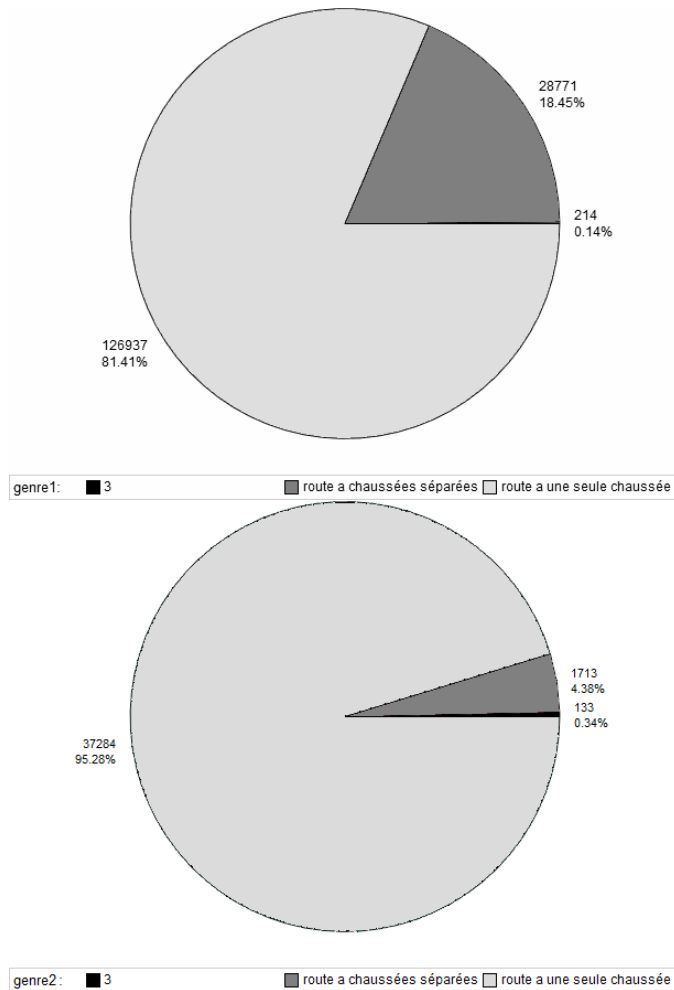


FIGURE B.12 – Répartition des accidents selon les variable *genre1* et *genre2*

Variable *vmax* (*vmax1* et *vmax2*)

Sur la figure B.13, on observe que les limites de vitesses les plus fréquentes sont 50, 90 et 120. On peut également constater deux autres erreurs d'encodage : une limite de 300 (qui est probablement 30) et plusieurs 0 (lorsque la limite n'est pas renseignée). Dans le cas des accidents qui se produisent dans un carrefour, on constate sur le deuxième histogramme que la limite de vitesse est la plupart du temps égale à 50.

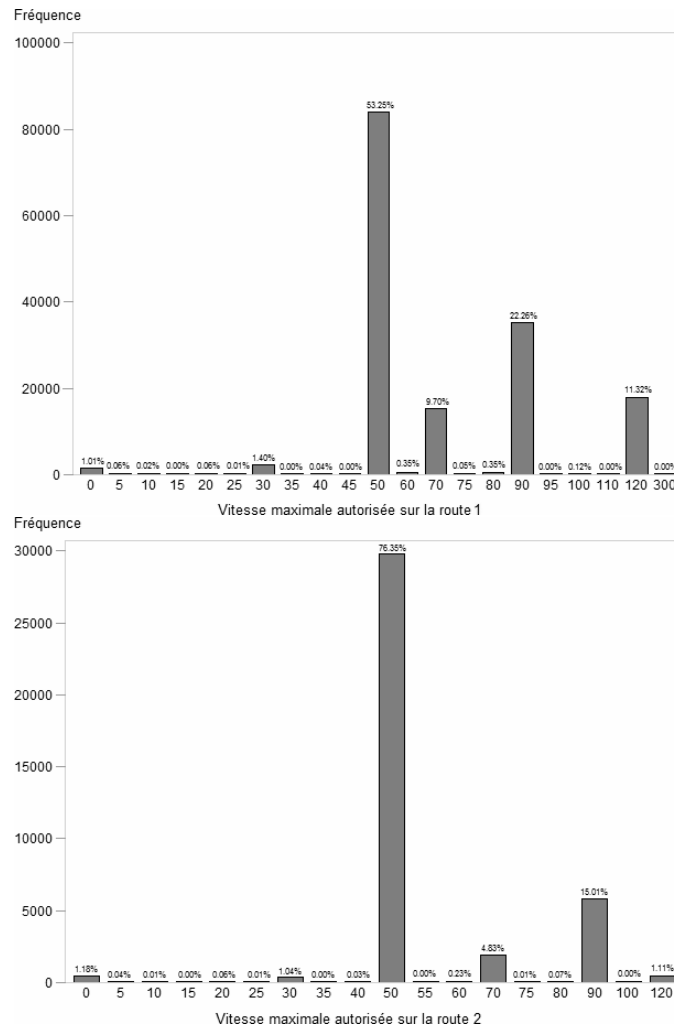


FIGURE B.13 – Répartition des accidents selon les variables *vmax1* et *vmax2*

Variable *atm*

Sur la figure B.14, on observe que trois-quart des accidents se sont produits dans des conditions atmosphériques normales. La condition atmosphérique la plus fréquente après celle-ci est la pluie, avec 13,10%. Mis à part les conditions atmosphériques inconnues, les autres modalités sont très peu représentées (moins de 2%).

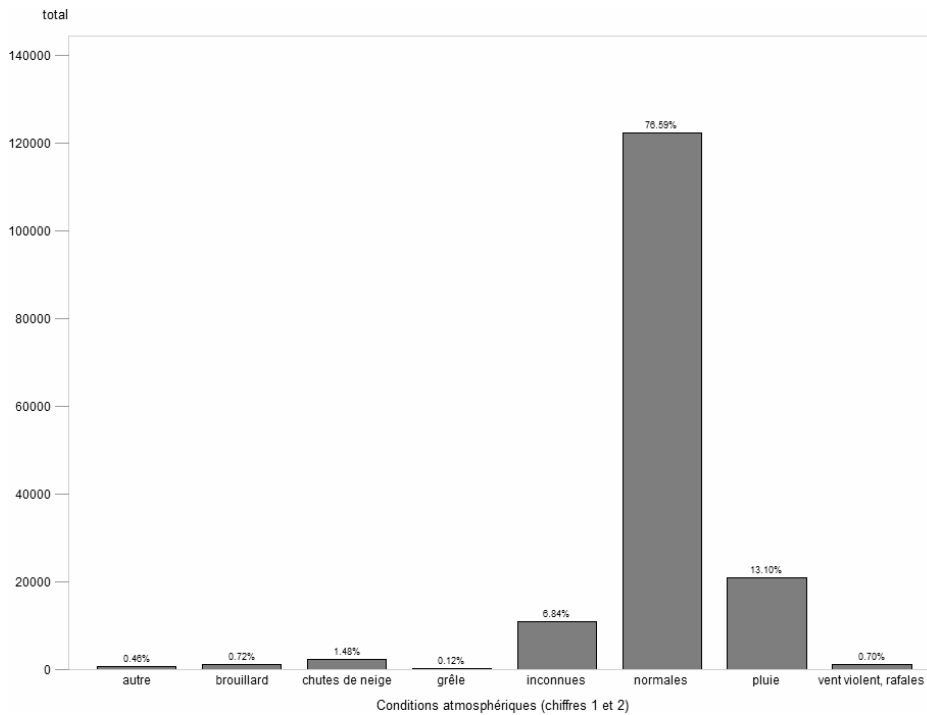


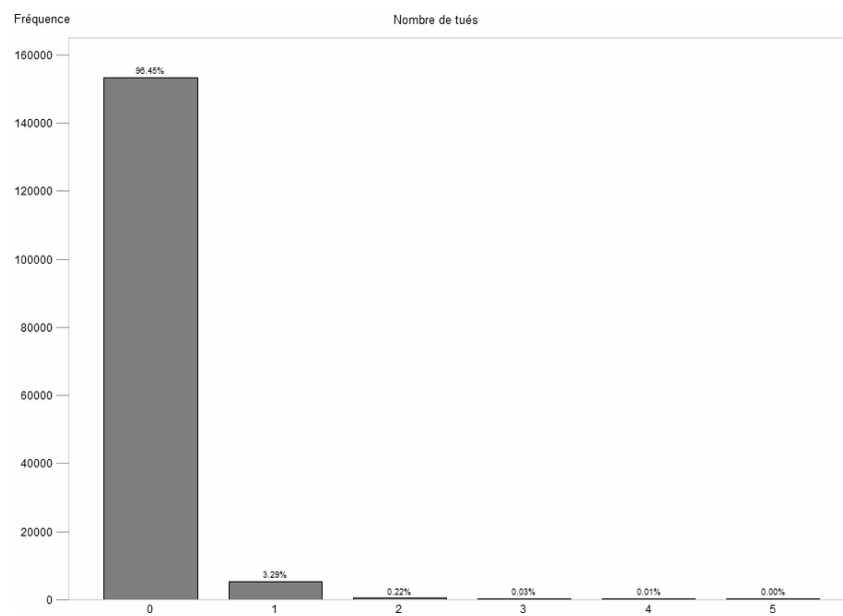
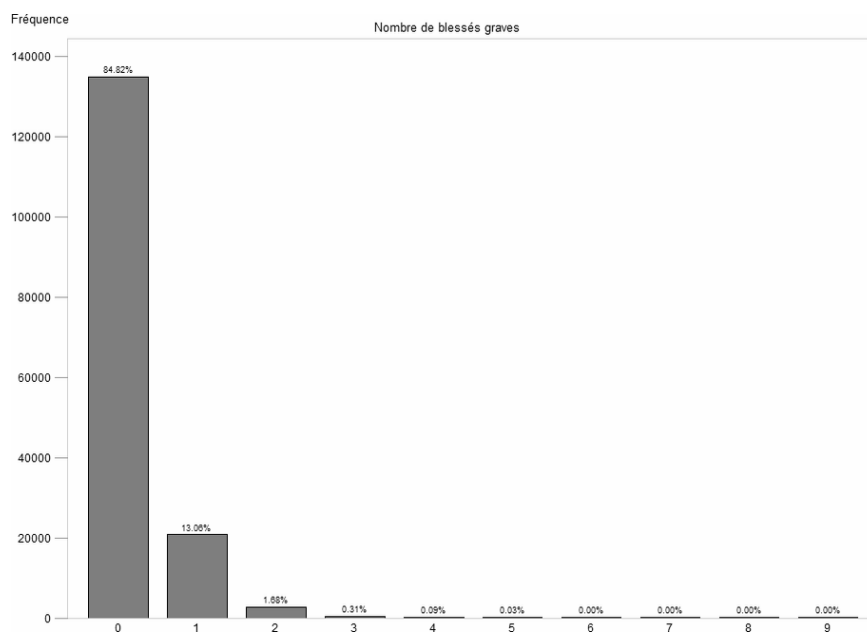
FIGURE B.14 – Répartition des accidents selon les variables *atm1* et *atm2*

Variables *ttue*, *tgraves* et *tleger*

Les figures B.15, B.16 et B.17 décrivent le nombre de tués, de blessés graves et de tués légers qu'ont engendré les accidents de la base de données.

Au niveau des tués, on observe que la majorité des accidents (96,45%) ne sont pas des accidents mortels. Lorsqu'un accident est mortel, il ne fait la plupart du temps qu'un seul mort. Le nombre de morts dans un accident ne dépasse jamais cinq.

Parmi les 153 384 accidents non mortels, on observe que la majorité des accidents (85%) sont des accidents qui n'ont engendré que des blessés légers. Lorsqu'un accident a fait des blessés graves, il n'en fait la plupart du temps qu'un. Le nombre de blessés graves dans un accident ne dépasse jamais neuf.

FIGURE B.15 – Répartition des accidents selon la variable *ttue*FIGURE B.16 – Répartition des accidents selon la variable *tgrave*

Parmi les 130 342 accidents n'ayant fait ni tués ni blessés graves, on observe que la majorité des accidents (75%) n'ont fait qu'un blessé léger. Le nombre de blessés légers engendré par un accident peut aller jusqu'à 18.

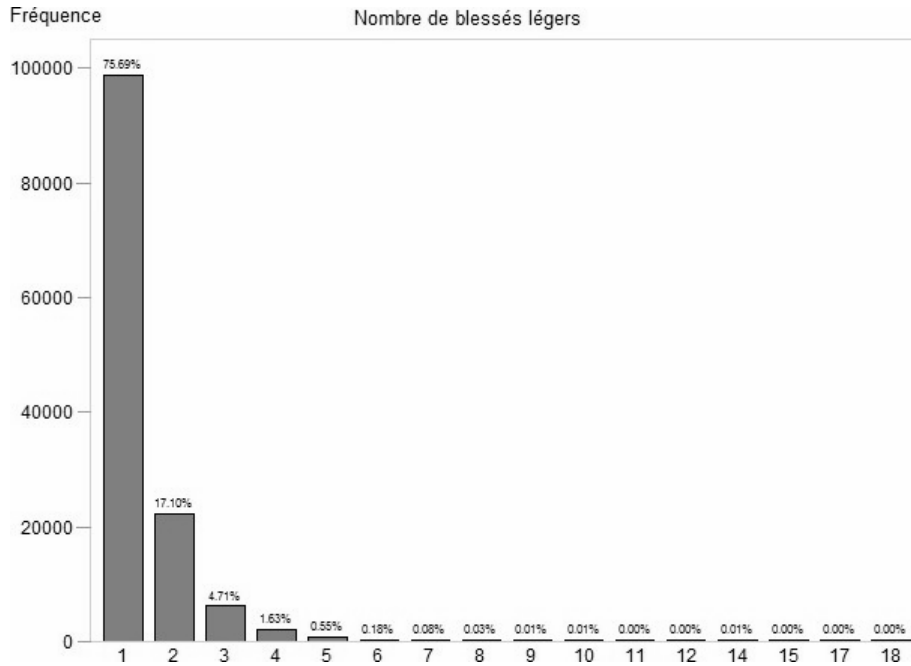
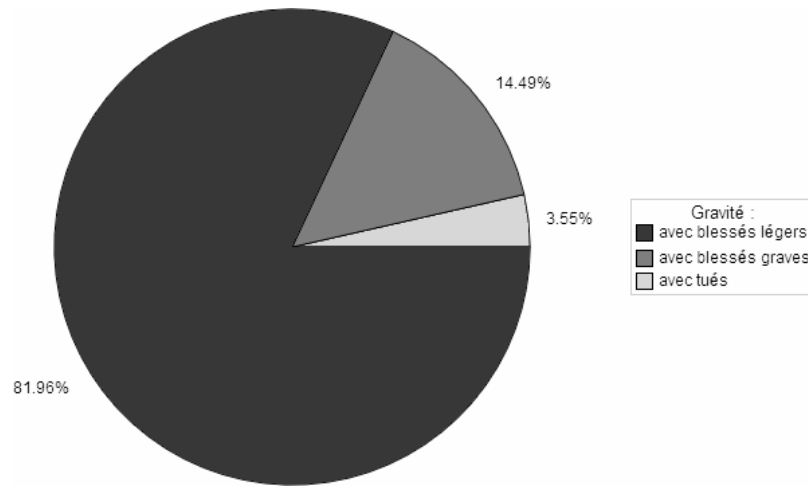


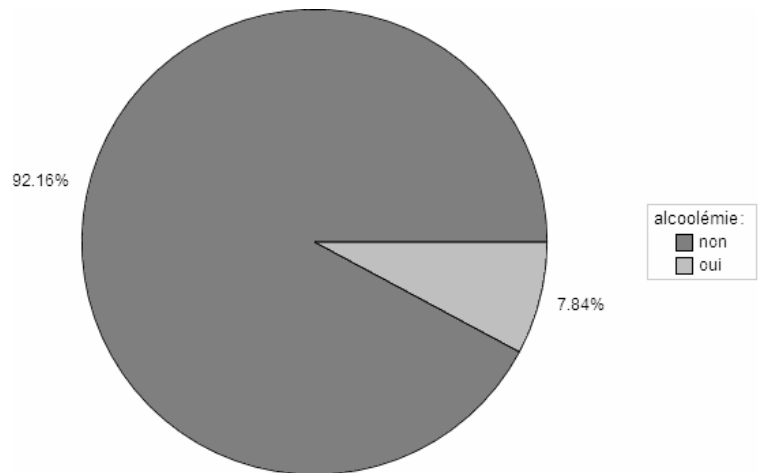
FIGURE B.17 – Répartition des accidents selon la variable *tleger*

Variable *gravite*

Sur la figure B.18, on observe, comme dit dans le paragraphe précédent, que la plupart des accidents sont des accidents avec uniquement des blessés légers. La proportion des accidents mortels n'est que de 3,55% ce qui représente 5 647 accidents.

FIGURE B.18 – Répartition des accidents selon la variable *gravite***Variable *alcool***

Sur la figure B.19, on observe que le nombre d'accidents dont le conducteur est testé positif à l'éthylotest est faible (7,84%).

FIGURE B.19 – Répartition des accidents selon les variables *alcool*

On remarque cependant que ce pourcentage est plus grand le week-end (12,07%) et la nuit (15,21%). Si on regarde cette proportion le week-end de nuit, elle monte même à 18,71%.

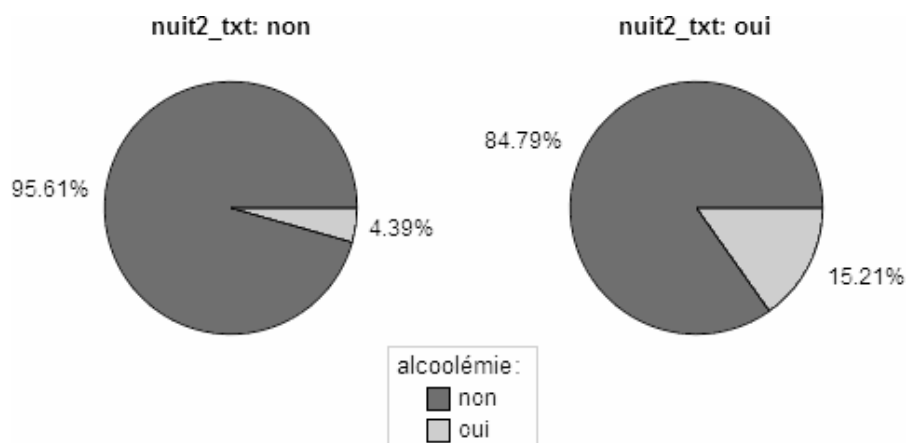


FIGURE B.20 – Répartition des accidents selon la variable *alcool* en fonction de la variable *nuit2*

Variable *modifie*

Sur la figure B.21, on constate que 16,66% des accidents soit 26 487 accidents ont été modifiés ultérieurement. Une modification peut être faite, par exemple, pour ajouter un décédé 30 jours ou encore changer un blessé léger en blessé grave si celui-ci a nécessité plus de 24 heures d'hospitalisation.

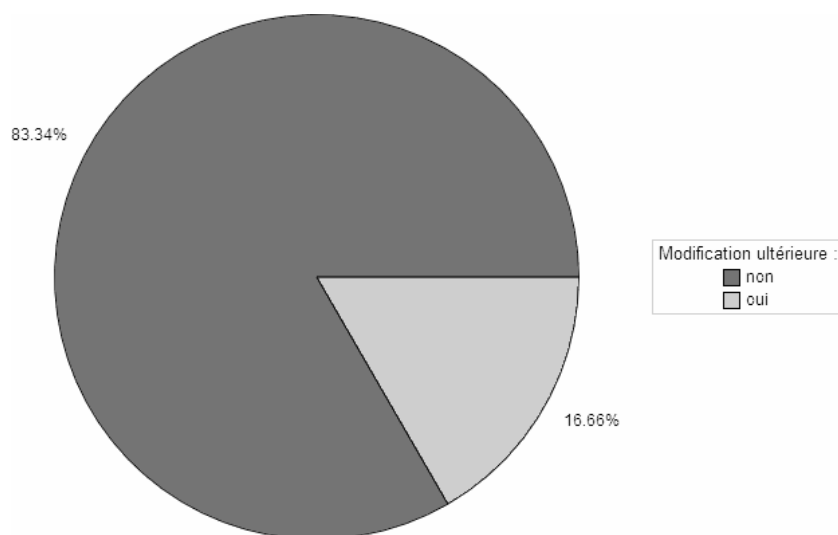


FIGURE B.21 – Répartition des accidents selon la variable *modifie*

Variable *regul* (*regul1* et *regul2*)

Sur la figure B.22, on constate que, lorsque l'accident s'est produit dans un carrefour, la circulation est souvent (dans presque 60% des cas) régulée dans celui-ci par des signaux B1 ou B5. Viennent ensuite les priorités de droite avec 25,85% et les signaux tricolores en fonctionnement avec 13,32%. La régulation est rarement faite par des signaux tricolores en panne ou clignotant orange (0,74%) ou par un agent qualifié (0,73%).

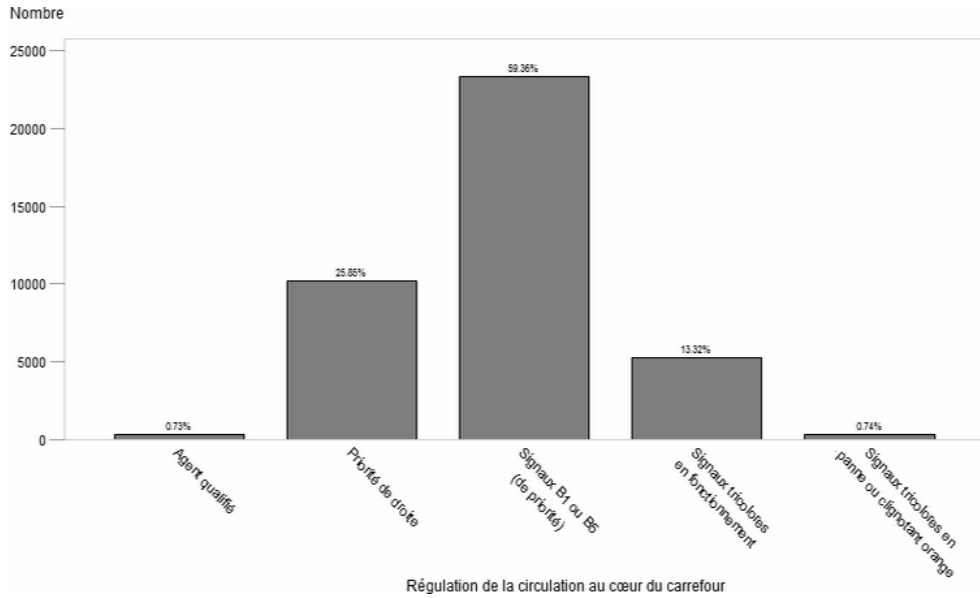
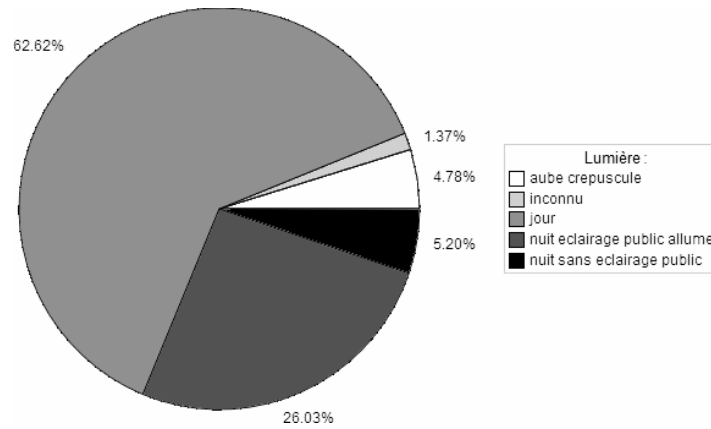


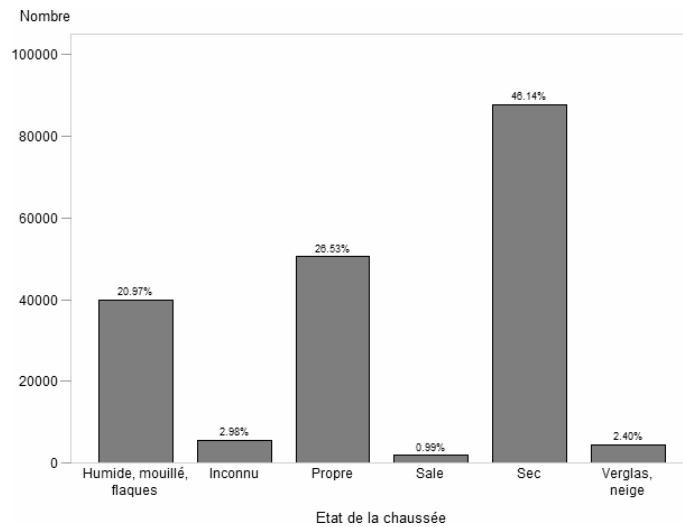
FIGURE B.22 – Répartition des accidents selon les variables *regul1* et *regul2*

Variable *lum*

Sur la figure B.23, on constate que plus de 60% des accidents se produisent de jour. Cela provient notamment du fait que le trafic est plus dense le jour que la nuit. Les 30% restants des accidents se produisent principalement de nuit (26,03% avec éclairage public et 5,20% sans).

FIGURE B.23 – Répartition des accidents selon la variable *lum***Variable *etach* (*etach1* et *etach2*)**

Sur la figure B.24, on constate que la plupart des accidents se produisent sur une chaussée sèche. Vient ensuite les modalités « propre » et « humide, mouillé, flaques ». Les modalités « sale » et « verglas, neige » sont peu souvent rencontrées.

FIGURE B.24 – Répartition des accidents selon les variables *etach1* et *etach2***Variable *carloc* (*carloc1* et *carloc2*)**

Sur la figure B.25, on constate cette fois encore une erreur d'encodage. En effet, 0,27% possèdent une caractéristique locale égale à 'E'. On remarque

que le policier ne signale que rarement des caractéristiques locales.

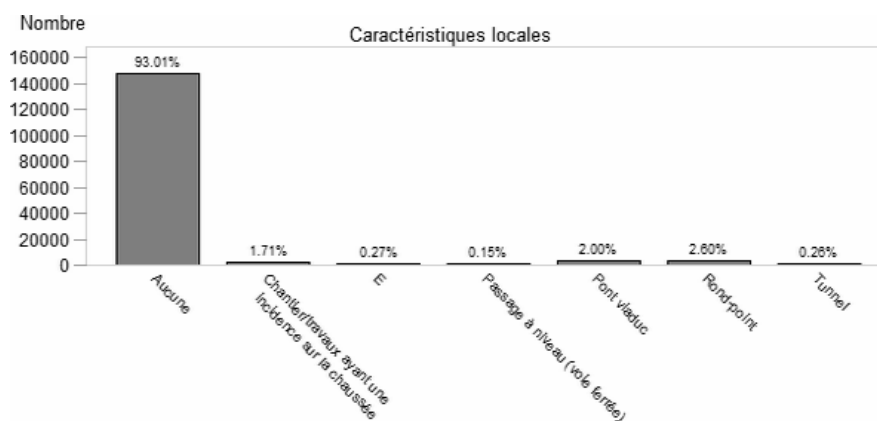


FIGURE B.25 – Répartition des accidents selon les variables *carloc1* et *carloc2*

Variable *cause* (*cause1*, *cause2*, *cause3*, *cause4*)

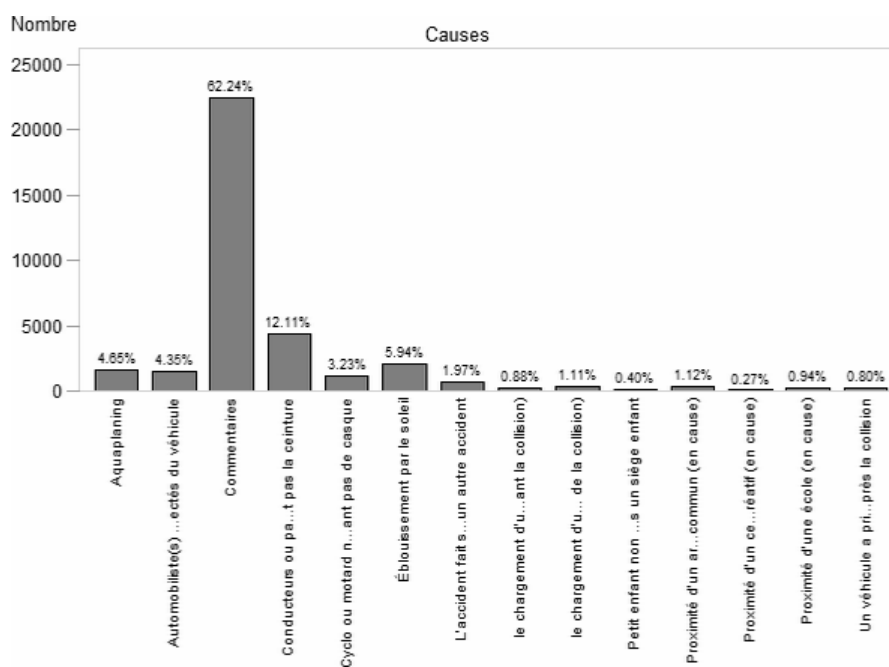


FIGURE B.26 – Répartition des accidents selon les variables *cause1*, *cause2*, *cause3* et *cause4*

Sur la figure B.26, on constate que les policiers notent la plupart du temps des commentaires manuscrits concernant l'accident. On constate également que le non-port de la ceinture est souvent identifié comme étant une cause d'accident. On pointe parfois un éblouissement par le soleil ou de l'aquaplaning. Les autres causes sont rarement pointées.

Variable *facrou* (*facrou1* et *facrou2*)

Sur la figure B.27, on constate que les policiers indiquent rarement des facteurs de la route qui peuvent expliquer un accident puisque la modalité la plus fréquente, « virage serré », représente moins de 10 000 accidents, c'est-à-dire 6,62% des 159 031 accidents.

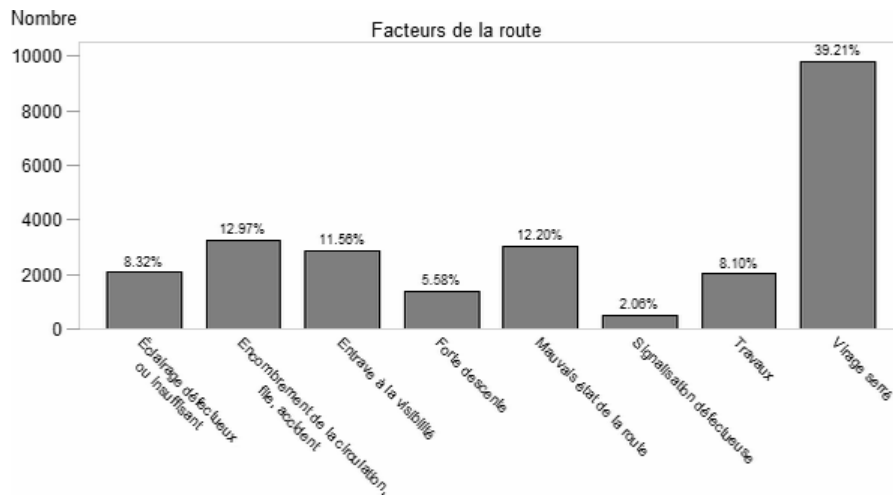
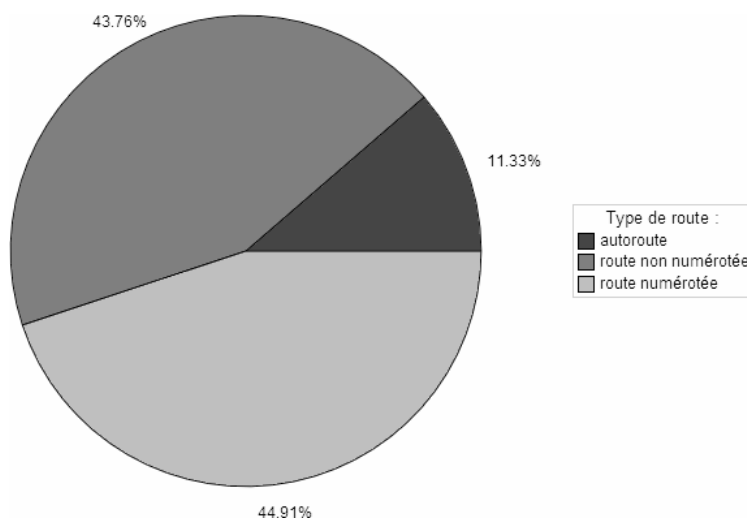


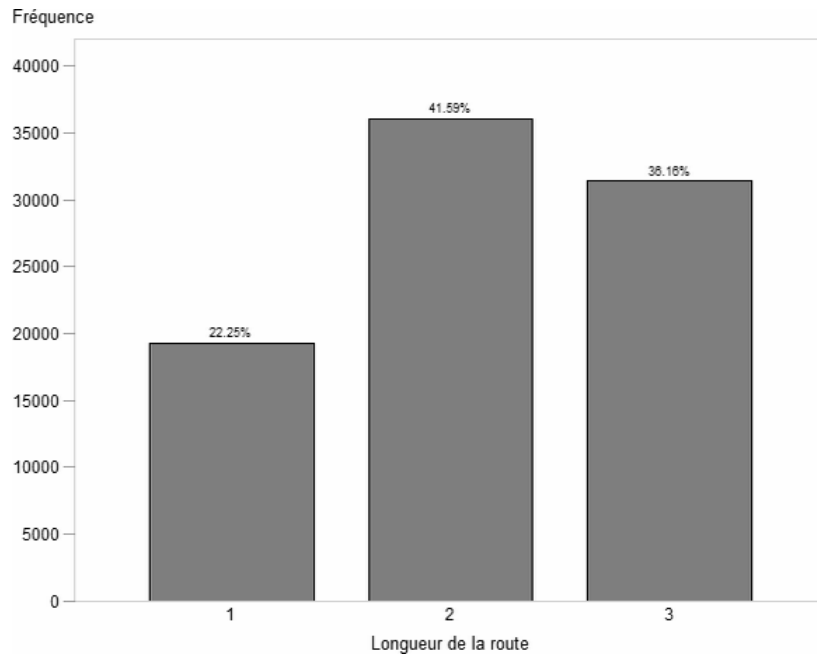
FIGURE B.27 – Répartition des accidents selon les variables *facrou1* et *facrou2*

Variable *type_route*

Sur la figure B.28, on constate qu'il y a presque autant d'accidents qui se sont produits sur des routes non numérotées (43,76% des accidents) que sur des routes numérotées (44,91% des accidents). La proportion d'accidents sur les autoroutes est quant à elle plus faible (11,33% des accidents).

FIGURE B.28 – Répartition des accidents selon la variable *type_route*

Variable *long_route*

FIGURE B.29 – Répartition des accidents selon la variable *long_route*

La figure B.29 donne le nombre de caractères suivants la première lettre du nom de la route sur lequel un accident s'est produit. Il est calculé uniquement sur les routes numérotées et est compris entre 1 et 6.

Variable *genre_route*

La figure B.30 donne la première lettre du nom de la route sur lequel un accident s'est produit. Elle est calculée uniquement sur les routes numérotées et vaut 'A' (autoroute), 'B' (bretelle), 'N' (nationale), 'P' (provinciale) ou 'R' (ring).

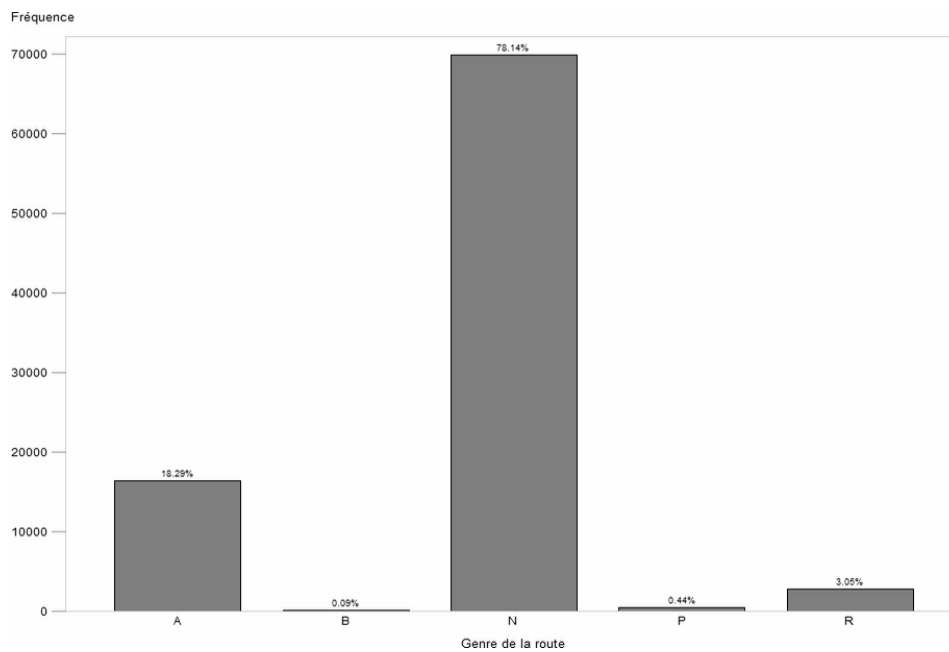


FIGURE B.30 – Répartition des accidents selon la variable *genre_route*

On constate que ce sont sur des nationales que se sont le plus souvent produits les accidents.

Annexe C

Code MATLAB pour le resampling

Le code dans cette annexe est un code personnel qui a été utilisé dans le mémoire.

```
clear all
close all
clc

donnees=importdata('mon_fichier.csv');
%base de donnees d'ou on tire les echantillons de taille plus
    petite
%la premiere colonne est la colonne gravite
%la deuxieme colonne est la colonne lumiere
nb_donnees=size(donnees,1);
%nombres d'accidents

fichier=fopen('resampling.csv','w+');
fprintf(fichier,'%s %s \n','gravite','lum');

n=385; %taille de l'echantillon genere
numero=randi([1 nb_donnees],n,1);
%genere n nombres aleatoires compris entre 1 et nb_donnees
for i=1:n
    ligne=numero(i);
    fprintf(fichier,'%d %d \n',donnees.data(ligne,1),donnees.
        data(ligne,2));
    %on prend dans le fichier ceux correspondant aux nombres
        aleatoires
end;
```


Annexe D

Classification

Les figures suivantes ont été utilisées dans la section 6.2 afin de trouver le nombre optimal de classes pour classer les routes selon leur trafic moyen journalier.

Méthode du lien moyen

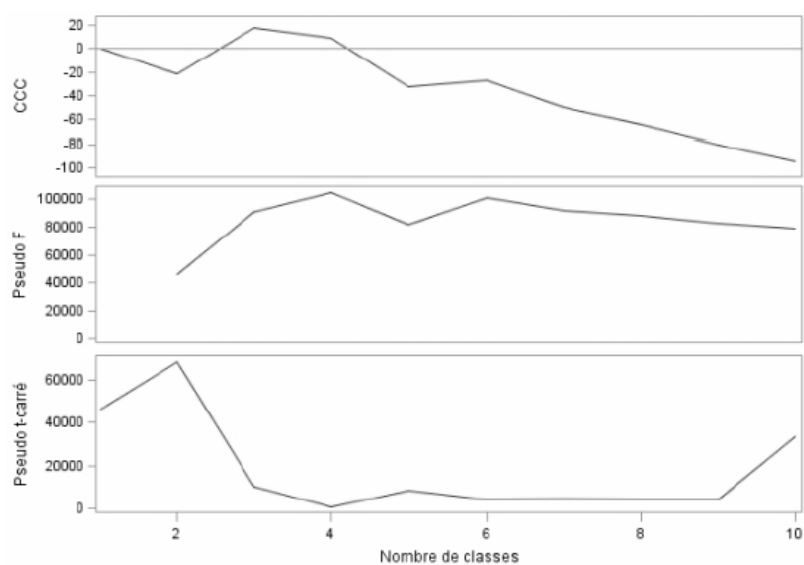


FIGURE D.1 – Détermination du nombre de classes - CCC, pseudo-F, pseudo- t^2

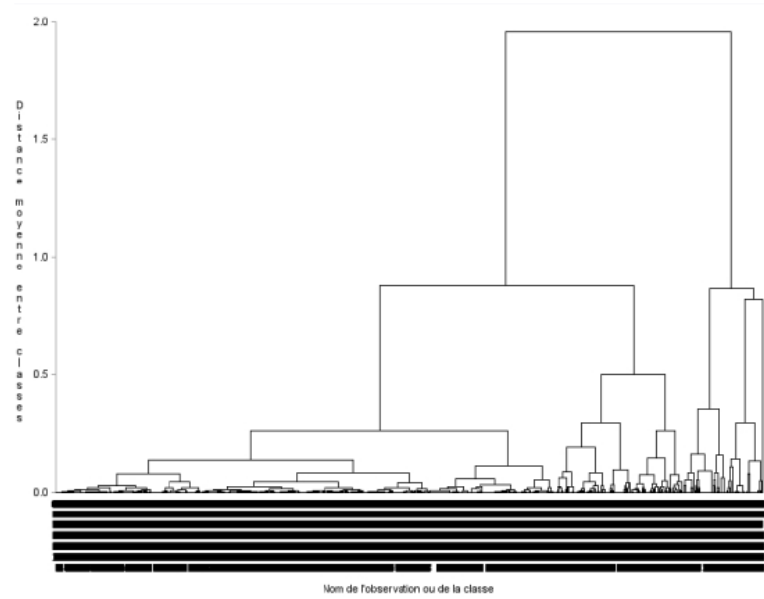


FIGURE D.2 – Détermination du nombre de classes - Dendrogramme

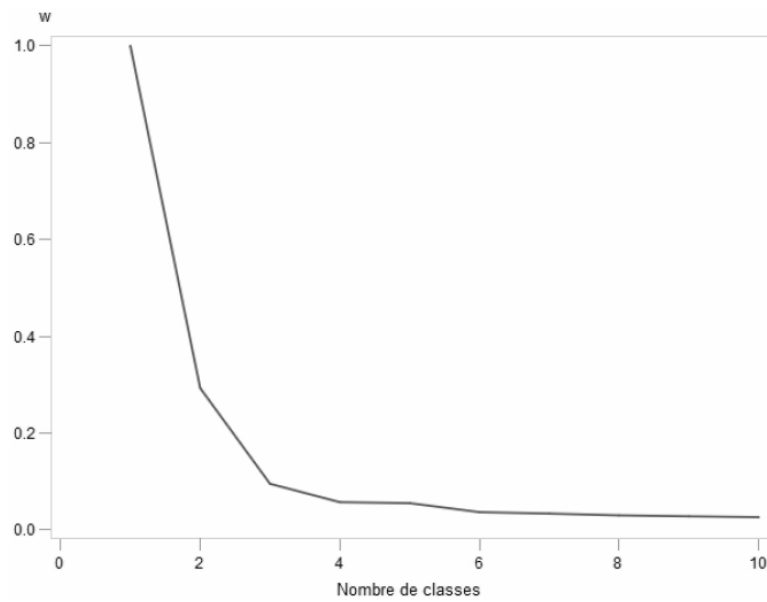


FIGURE D.3 – Détermination du nombre de classes - Coude

Méthode des centroïdes

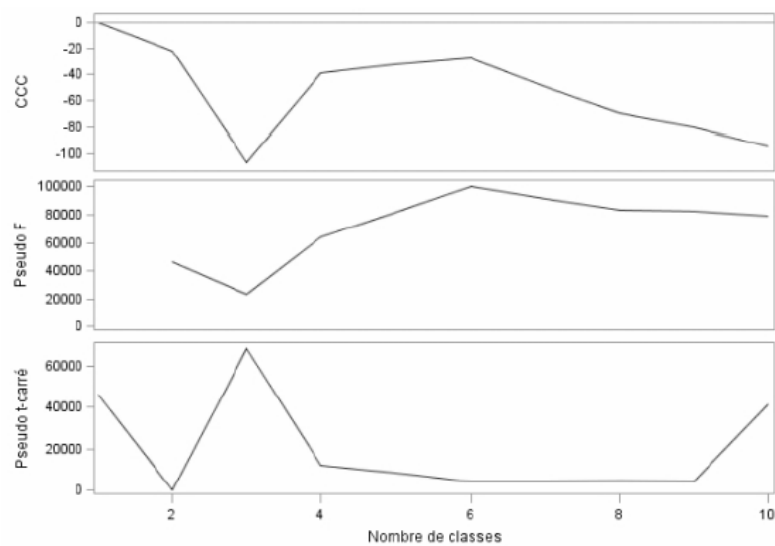


FIGURE D.4 – Détermination du nombre de classes - CCC, pseudo-F, pseudo- t^2

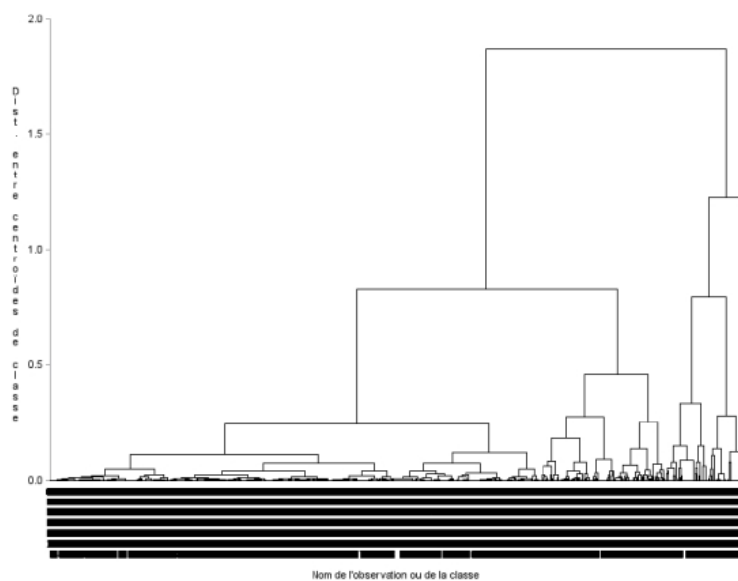


FIGURE D.5 – Détermination du nombre de classes - Dendrogramme

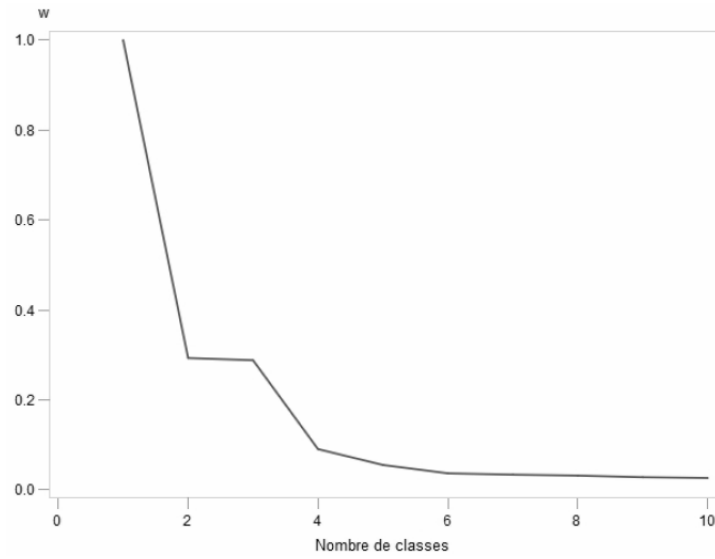
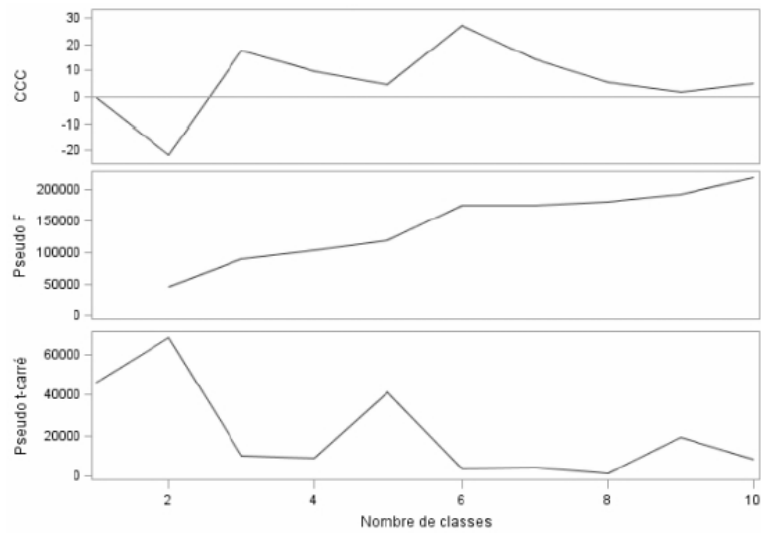


FIGURE D.6 – Détermination du nombre de classes - Coude

Méthode de Ward

FIGURE D.7 – Détermination du nombre de classes - CCC, pseudo-F, pseudo- t^2

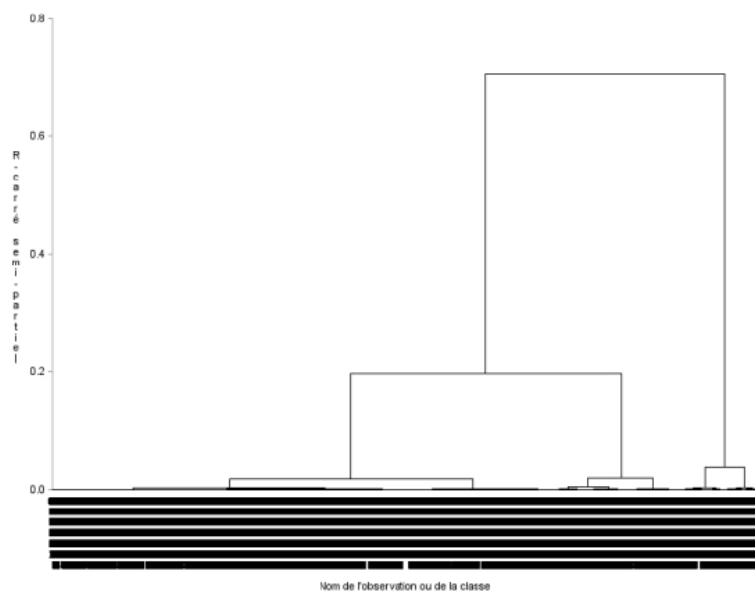


FIGURE D.8 – Détermination du nombre de classes - Dendrogramme

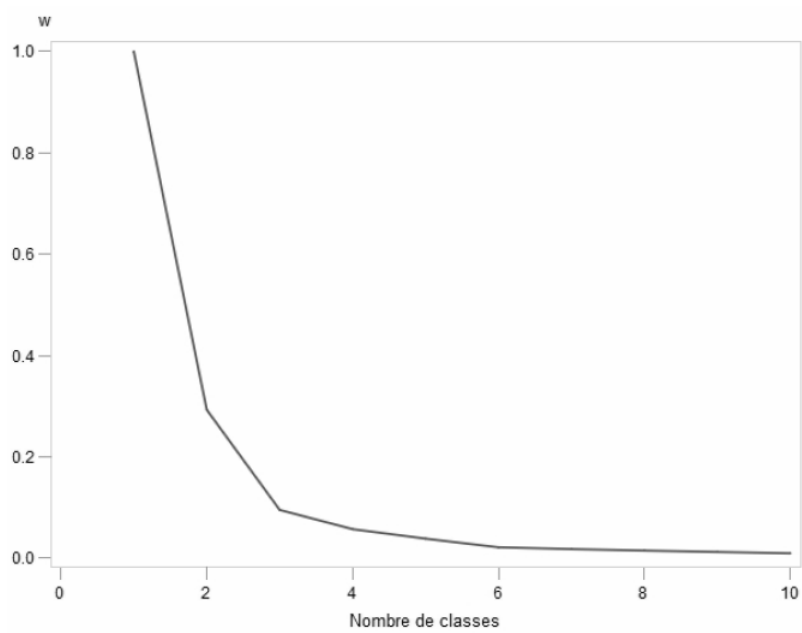


FIGURE D.9 – Détermination du nombre de classes - Coude

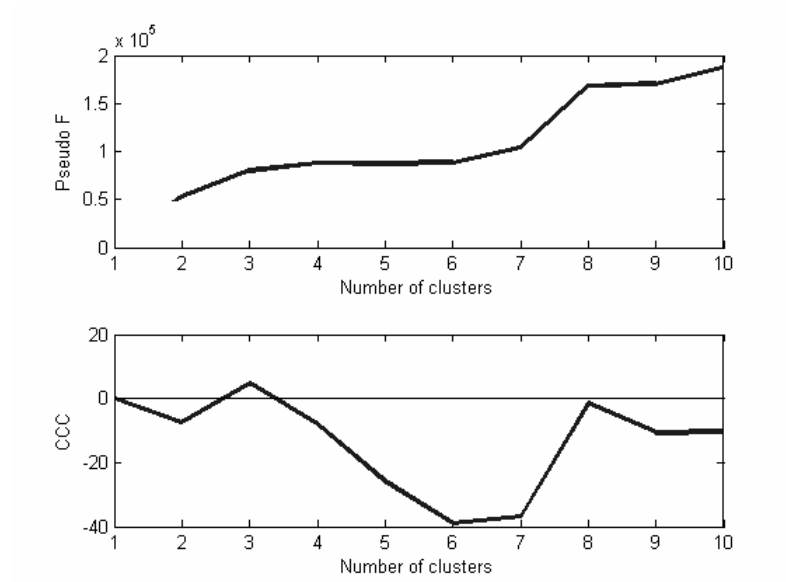
Méthode des nuées dynamiques

FIGURE D.10 – Détermination du nombre de classes - CCC, pseudo-F

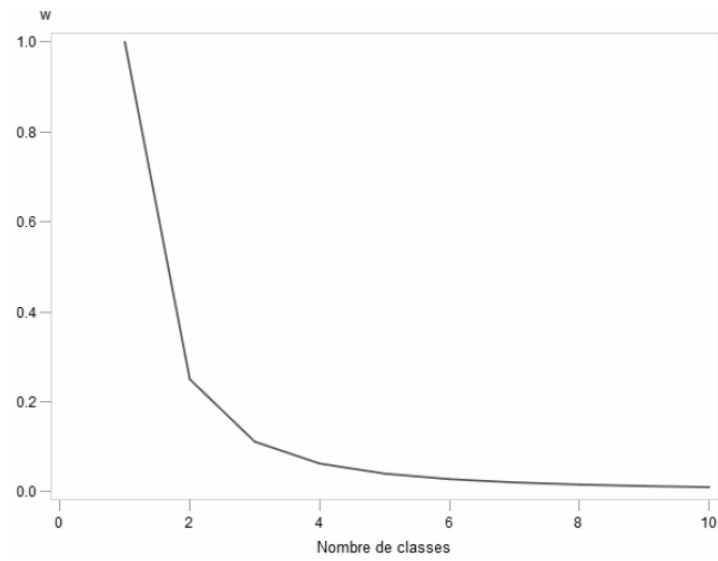


FIGURE D.11 – Détermination du nombre de classes - Coude

Bibliographie et sitographie

Articles et livres

- [1] Didier Antoine, Christophe Figlioli et collaborateurs, Direction générale opérationnelle des Routes et des Bâtiments du SPW (DGO1), Département de la Sécurité du Trafic et de la Télématic routière, Direction de la Sécurité des Infrastructures routières, Recensement circulation 2010, pp 14-25.
- [2] Association française de l'éclairage, éclairage public et sécurité routière, "Moins d'éclairage pour moins d'accidents ?" Est-ce raisonnable ?, point de vue numéro 9, mars-avril 2009
- [3] Godfrey Bridger (Bridger Beavis & Associates Ltd), Strategic Road Lighting Opportunities for New Zealand, 05/2012
- [4] John D. Bullough, Eric T. Donnell, Mark S. Rea, to illuminate or not to illuminate : Roadway lighting as it affects traffic safety at intersections, Accident Analysis & Prevention, volume 53, 01/04/2013, pp. 65-77
- [5] Commission Européenne, Direction générale des réseaux de communication, du contenu et des technologies, Éclairons les villes : accélérer le déploiement de l'éclairage innovant dans les villes européennes, 06/2013
- [6] Comité National Belge de L'Éclairage, Synthèse de la table ronde du 9 septembre 2003 ayant comme thème : "Éclairage routier : gage de sécurité ?"
- [7] Commission Internationale de l'Éclairage, technical report : road lighting as an accident countermeasure, publication 93, 1992
- [8] A.-S. Crélot, aspects statistiques de la classification : exercices, année académique 2013-2014
- [9] Denis Cornet, Evolution des systèmes d'éclairage routier en Wallonie, Plan lumière wallon, 10/2013

- [10] Erik De Bisschop, Realisatie van Lichtvisie voor Vlaamse autosnelwegen, Plan lumière flamand, 17/10/2013
- [11] Gunter De Clercq, l'éclairage des autoroutes : facteur important de prévention des accidents, Lux : la Revue de l'Éclairage, numéro 141, 01-02/1987, pp.25-29
- [12] J. Dehon, Calcul du TCO / CO₂, 18/03/2014
- [13] Direction Interdépartementale des Routes Nord, étude de sécurité comparative sur les autoroutes de rase campagne du Nord-Pas de Calais, avec ou sans éclairage, 15/01/2007
- [14] Focant, N. (2013) Analyse statistique des accidents de la route 2011. Bruxelles, Belgique : Institut Belge pour la Sécurité Routière – Centre de connaissances Sécurité Routière.
- [15] Focant, N. (2013) Analyse statistique des accidents de la route avec tués ou blessés enregistrés en 2012. Bruxelles, Belgique : Institut Belge pour la Sécurité Routière – Centre de connaissance Sécurité Routière.
- [16] R. Geets, l'éclairage des réseaux routier et autoroutier, Lux : la Revue de l'Éclairage, numéro 106, 02/1980, pp.25-29
- [17] A. Hardy, aspects statistiques de la classification : cours théorique, année académique 2013-2014
- [18] R. Lorphèvre, Éclairage Public : Extinction ou gestion ?, 09/2013
- [19] R. Lorphèvre, Comparaison de solutions en HID et en LEDS, 18/03/2014
- [20] H.H Meseberg, Notes du congrès LICHT '94, Interlaken, Corrélations entre la qualité de l'éclairage routier et les accidents
- [21] Mouvement communal, Dossier éclairage public, 02/2009
- [22] Nuyttens, N., Focant F., Casteels Y. (2012) Analyse statistique des accidents de la route 2010. Bruxelles, Belgique : Institut Belge pour la Sécurité Routière – Centre de connaissances Sécurité Routière
- [23] Observatoire national interministériel de la sécurité routière, Bilan de l'accidentalité de l'année 2012, 2013.
- [24] Preston, H., Schoenecker, T., Safety Impacts of Street Lighting at Rural Intersections : Report 1999-17. Minnesota Department of Transportation, St. Paul, MN, 1999
- [25] C. Remande, association française de l'éclairage, éclairage public et sécurité routière, la conduite automobile de nuit avec et sans éclairage public, 02/2010

- [26] M. Rémon, syllabus d'analyse multivariée et introduction aux logiciels statistiques, année académique 2013-2014
- [27] Schreder, Présentation des performances des luminaires, revêtements routiers - normes, 17/03/2014
- [28] Schreder, Unités photométriques - Performances visuelles, 17/03/2014
- [29] Schwab, R.N., Walton, N.E., Mounce, J.M., Rosenbaum, M.J., Synthesis of Safety Research Related to Traffic Control and Roadway Elements, Highway Lighting. Federal Highway Administration, Washington., 1982
- [30] Sécurité Routière, Les risques de la fatigue et de la somnolence au volant, dossier de presse, 07/2003
- [31] SPF Economie - Direction générale statistique et information économique, accidents de la circulation 2009, communiqué de presse, 12/04/2011
- [32] SPF Economie - Direction générale statistique et information économique, le nombre de victimes d'accidents de la route en Belgique a diminué en 2012, communiqué de presse, 05/08/2013
- [33] Per Ole Wanvik, Road Lighting and Traffic Safety Do we need Road Lighting?, Thesis for the degree of philosophiae doctor, 03/2009, ISBN 978-82-471-1508-4

Documents informatiques

- [34] Direction générale opérationnelle Routes et Bâtiments, les réseaux routiers belges, <http://routes.wallonie.be/structmrtab.jsp?page=jsp/mrtablrr.jsp&shortId=02&annee=-5&swDesc=1>, consulté le 10/02/2015
- [35] A. Garric, Doit-on couper l'éclairage public de nuit?, http://www.lemonde.fr/planete/article/2012/07/03/doit-on-couper-l-eclairage-public-de-nuit_1728446_3244.html, consulté le 03/04/2014
- [36] P. Milan, Lois de probabilité à densité et loi normale, http://www.lyceeadultes.fr/sitepedagogique/documents/math/mathTermS/11_lois_densite_loi_normale/11_cours_lois_densite_loi_normale.pdf, consulté le 18/05/2015
- [37] RTL info, la conductrice ivre qui a mortellement fauché leur fils acquittée : les parents de Clément expriment leur colère, <http://www.rtl.be/info/belgique/faitsdivers/1075352/la-conductrice-ivre-qui-a-mortellement-fauche-leur-fils-acquittee-les-parents-de-clement-expriment-leur-colere>, consulté le 15/03/2014

- [38] Service Public Fédéral - mobilité et transports, Longueur du réseau routier belge, http://www.mobilit.belgium.be/fr/binaries/evolutie-FR_tcm467-216457.pdf
- [39] Site de la police fédérale belge, réseaux autoroutiers- Belgique, <http://www.inforoutes.be/pdf/nummeringwegennet.pdf>, consulté le 17/03/2015
- [40] Vauhallan, magazine numéro 30, http://ateps.fr/spip.php?page=article&id_article=55, pp.8-9, consulté le 03/04/2014
- [41] Wikipédia, l'encyclopédie libre, intervalle de confiance, http://fr.wikipedia.org/wiki/Intervalle_de_confiance, consulté le 18/05/2015
- [42] Wikipédia, l'encyclopédie libre, liste des autoroutes de la Belgique, http://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_des_autoroutes_de_la_Belgique, consulté le 16/03/2015
- [43] Wikipédia l'encyclopédie libre, liste des rings belges, http://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_des_rings_belges, consulté le 16/03/2015
- [44] Wikipédia, l'encyclopédie libre, route nationale de Belgique, http://fr.wikipedia.org/wiki/Route_nationale_de_Belgique, consulté le 16/03/2015
- [45] Wikipédia, l'encyclopédie libre, Stéradian, <http://fr.wikipedia.org/wiki/St%C3%A9radian>, consulté le 16/04/2014
- [46] Wikisara, liste des routes touristiques belges T1 à T899, http://routes.wikia.com/wiki/Liste_des_routes_touristiques_belges_T1_%C3%A0_T899, consulté le 28/04/2015

Table des figures

2.1	Représentation de la lumière émise par un luminaire [27] . . .	12
3.1	Sous-enregistrement des accidents [22]	18
3.2	Répartition des accidents en fonction de la variable <i>province_txt</i>	20
3.3	Répartition des accidents en fonction de la variable <i>moment</i> .	21
3.4	Répartition des accidents en fonction de la variable <i>année</i> . .	22
3.5	Répartition des accidents en fonction des variables <i>atm1</i> et <i>atm2</i>	23
3.6	Carte des autoroutes et rings de Belgique [43]	24
3.7	Répartition des accidents en fonction de la variable <i>genre_route</i>	25
3.8	Répartition des accidents en fonction de la variable <i>gravité</i> . .	25
3.9	Répartition des accidents en fonction de la variable <i>week-end</i>	26
3.10	Répartition des accidents en fonction de la variable <i>lum</i> selon les deux définitions de la nuit	27
3.11	Répartition des accidents en fonction de la variable <i>trafic</i> . . .	29
3.12	Localisation des accidents dont le trafic journalier est connu .	30
5.1	Exemple de Q-Q plot	41
5.2	Exemple de boîte à moustaches	43
5.3	Boîte à moustaches de la variable gravité selon la valeur de la variable <i>nuit2</i>	44
6.1	Répartitions des accidents (dont le trafic journalier moyen est connu) selon la variable <i>lum</i>	45
6.2	Comparaison de la répartition des accidents selon la variable <i>gravité</i> dans les deux modalités de la variable <i>lum</i>	47
6.3	Représentation graphique des trafics journaliers moyens . . .	48
6.4	Exemple d'un dendrogramme	50
6.5	Exemple d'une classification basée sur la méthode des hyper- volumes [17]	51

6.6	Exemple de la méthode du coude	51
6.7	Détermination du nombre de classes - Dendrogramme	53
6.8	Détermination du nombre de classes - CCC	53
6.9	Détermination du nombre de classes - pseudo-F, pseudo- t^2	54
6.10	Détermination du nombre de classes - Coude	54
6.11	Représentations des classifications possibles	56
6.12	Répartition des accidents selon les conditions atmosphériques dans lesquelles ils se sont produits	61
6.13	Boîtes à moustaches de la gravité dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic faible et qui se sont produits dans des conditions atmosphériques normales	65
9.1	Représentation des différentes unités photométriques [28]	79
9.2	Représentation d'un angle solide valant un stéradian [45]	80
9.3	Représentation de l'intensité lumineuse [28]	80
B.1	Répartition des accidents selon la variable <i>jour</i>	91
B.2	Répartition des accidents selon la variable <i>mois</i>	92
B.3	Répartition des accidents selon la variable <i>année</i>	92
B.4	Répartition des accidents selon la variable <i>day</i>	93
B.5	Répartition des accidents selon la variable <i>wk</i>	94
B.6	Répartition des accidents selon la variable <i>heure</i>	94
B.7	Répartition des accidents selon les variables <i>nuit1</i> et <i>nuit2</i>	95
B.8	Répartition des accidents selon la variable <i>diff</i>	96
B.9	Répartition des accidents selon la variable <i>province</i>	97
B.10	Répartition des accidents selon la variable <i>agglo</i>	98
B.11	Répartition des accidents selon la variable <i>carrefour</i>	98
B.12	Répartition des accidents selon les variable <i>genre1</i> et <i>genre2</i>	99
B.13	Répartition des accidents selon les variables <i>vmax1</i> et <i>vmax2</i>	100
B.14	Répartition des accidents selon les variables <i>atm1</i> et <i>atm2</i>	101
B.15	Répartition des accidents selon la variable <i>ttue</i>	102
B.16	Répartition des accidents selon la variable <i>tgrave</i>	102
B.17	Répartition des accidents selon la variable <i>tleger</i>	103
B.18	Répartition des accidents selon la variable <i>gravite</i>	104
B.19	Répartition des accidents selon les variables <i>alcohol</i>	104
B.20	Répartition des accidents selon la variable <i>alcohol</i> en fonction de la variable <i>nuit2</i>	105
B.21	Répartition des accidents selon la variable <i>modifie</i>	105
B.22	Répartition des accidents selon les variables <i>regul1</i> et <i>regul2</i>	106
B.23	Répartition des accidents selon la variable <i>lum</i>	107

B.24 Répartition des accidents selon les variables <i>etach1</i> et <i>etach2</i>	107
B.25 Répartition des accidents selon les variables <i>carloc1</i> et <i>carloc2</i>	108
B.26 Répartition des accidents selon les variables <i>cause1</i> , <i>cause2</i> , <i>cause3</i> et <i>cause4</i>	108
B.27 Répartition des accidents selon les variables <i>facrou1</i> et <i>facrou2</i>	109
B.28 Répartition des accidents selon la variable <i>type_route</i>	110
B.29 Répartition des accidents selon la variable <i>long_route</i>	110
B.30 Répartition des accidents selon la variable <i>genre_route</i>	111
D.1 Détermination du nombre de classes - CCC, pseudo-F, pseudo-t ²	115
D.2 Détermination du nombre de classes - Dendrogramme	116
D.3 Détermination du nombre de classes - Coude	116
D.4 Détermination du nombre de classes - CCC, pseudo-F, pseudo-t ²	117
D.5 Détermination du nombre de classes - Dendrogramme	117
D.6 Détermination du nombre de classes - Coude	118
D.7 Détermination du nombre de classes - CCC, pseudo-F, pseudo-t ²	118
D.8 Détermination du nombre de classes - Dendrogramme	119
D.9 Détermination du nombre de classes - Coude	119
D.10 Détermination du nombre de classes - CCC, pseudo-F	120
D.11 Détermination du nombre de classes - Coude	120

Liste des tableaux

3.1	Exemple de la façon dont un accident est encodé	18
3.2	Exemple de trafic journalier moyen annuel [1]	28
3.3	Répartition des données selon le type de route	31
3.4	Répartition des données pour le réseau autoroutier	31
3.5	Répartition des données pour les routes numérotées	31
4.1	Proportion de réseau routier Wallon éclairé	34
5.1	Description des échantillons	42
5.2	Résultats des tests ANOVA - nuit/gravité	43
6.1	Description des échantillons	46
6.2	Résultats des tests ANOVA - éclairage/gravité	47
6.3	Nombres de classes en fonction des méthodes de classification et des méthodes de détermination du nombre de classes . . .	55
6.4	Répartition des accidents dans les classes choisies	57
6.5	Description des échantillons	58
6.6	Résultats des tests ANOVA dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic faible - éclaira- ge/gravité	58
6.7	Description des échantillons	59
6.8	Résultats des tests ANOVA dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic moyen - éclai- rage/gravité	59
6.9	Description des échantillons	60
6.10	Résultats des tests ANOVA dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic élevé - éclaira- ge/gravité	60
6.11	Répartitions des accidents dans chacune des classes et pour chaque valeur de la variable <i>atm1</i>	62

6.12	Résultats des tests ANOVA dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic faible et qui se sont produits dans des conditions atmosphériques de neige - éclairage/gravité	63
6.13	Description des échantillons	63
6.14	Résultats des tests ANOVA dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic faible et qui se sont produits dans des conditions atmosphériques normales - éclairage/gravité	64
6.15	Description des échantillons	65
6.16	Résultats des tests ANOVA dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic faible et qui se sont produits dans des conditions atmosphériques de pluie - éclairage/gravité	66
6.17	Description des échantillons	66
6.18	Résultats des tests ANOVA dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic moyen et qui se sont produits dans des conditions atmosphériques normales - éclairage/gravité	67
6.19	Résultats des tests ANOVA dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic moyen et qui se sont produits dans des conditions atmosphériques de pluie - éclairage/gravité	68
6.20	Description des échantillons	68
6.21	Résultats des tests ANOVA dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic élevé et qui se sont produits dans des conditions atmosphériques normales - éclairage/gravité	69
6.22	Résultats des tests ANOVA dans la classe des accidents qui se sont produits sur des routes ayant un trafic élevé et qui se sont produits dans des conditions atmosphériques de pluie - éclairage/gravité	70
6.23	Résultats des tests ANOVA avec une nouvelle définition de la gravité - éclairage/gravité	71
7.1	Répartition des coûts des accidents déclarés pour l'année 2012 pour la Wallonie	74
7.2	Coûts des accidents en Wallonie pour l'année 2012 en tenant compte du sous-enregistrement	74
7.3	Répartition des coûts annuel de l'éclairage pour la Wallonie	75